

صلاة الاضلاع



دانشگاه شاهرود

دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی

پایان نامه کارشناسی ارشد

تاثیر یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با جریان خون محدود شده بر سطح
سرمی برخی هورمون‌ها و عوامل همودینامیک در دختران جوان

فائزه ناصرخانی

استاد راهنما:

دکتر رحیمه مهدی‌زاده

اساتید مشاور:

دکتر محمد حسین رضوانی

دکتر ناهید توفان

شهریور ماه ۱۳۹۴



دانشگاه شاهرود

مدیریت تحصیلات تکمیلی

باسمه تعالی

شماره:

تاریخ:

ویرایش:

فرم شماره (۶)

فرم صورت جلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) نتیجه ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای به شماره دانشجویی رشته گرایش تحت عنوان که در تاریخ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه : امتیاز) دفاع مجدد مردود

۱- عالی (۲۰ - ۱۹) ۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)

۳- خوب (۱۷/۹۹ - ۱۶) ۴- قابل قبول (۱۵/۹۹ - ۱۴)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

امضاء	مرتبه علمی	نام و نام خانوادگی	عضو هیأت داوران
			۱- استاد راهنما
			۲- استاد مشاور
			۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی
			۴- استاد ممتحن
			۵- استاد ممتحن

رئیس دانشکده : امضاء

سپاس و ستایش مرخداى را جلّ و جلاله كه آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تابان است و انوار حكمت او در
دل شب تار، درشان. آفريدگارى كه نويشتن را به ما نشاناند و درهاى علم را بر ما كشد و عمرى و فرصتى عطا فرمود تا
بدان، بنده ضعيف نويش را در طريق علم و معرفت يازمايد.

ما حصل آموخته بايم را تقديم مى كنم به آنان كه مهر آسمانى شان آرام بخش آلام زمينى ام است
تقديم به مقدس ترين واژه در لغت نامه دلم مادرم،

اسطوره ي محبت و صبر، كه بهشت بدون او بى معناست،

كسى كه همواره ديون دعاهاى خالصانه و بى ريليش هستم

تقديم به پدرم،

راه كشاي، هميشگى زندگى و پشتوانه ي گرم فراز و نشيب هاى آن،

كسى كه بى پروا سخاوتش را مى بخشد

كه هرچه آموختم در مكتب عشق شما آموختم و هرچه بگوختم قطره اى از درياى بى گران مهربانيتان را سپاس توانم
بگويم. امروز هستى ام به اميد شماست و فردا كه يد باغ به شتم رضاي شما.

گران سنگ تر از اين ارزان نداشتم تا به خاك پايان شمار كنم، باشد كه حاصل تلاشم نيم كونه، غبار حسگيتان را

بوسه بردستان پر مهرتان

بزدمايد.

«الهی، خلق تو شکر نعمت‌های تو کنند، من شکر بودن تو، نعمت بودن تو ست.»

عارف نامی، شیخ ابوالحسن خرقانی

شکر شایان ثار ایزد منان که توفیق را رفیق راهم ساخت تا این پایان نامه را به پایان برسانم. ارادت و شکر مخصوص خود را تقدیم مینمایم به آنکه نه تنها دستم گرفت که بر زمین نمانم بلکه ایستاد تا اوج گرفتم را نظاره کند، استاد فاضل و اندیشمند سرکار خانم دکتر رحیمه مهدی زاده که به عنوان استاد راهنما، همواره همکارنده را مورد لطف و محبت خود قرار داده‌اند. همچنین از اساتید مشاور جناب آقای دکتر رضوانی و سرکار خانم دکتر توفان به دلیل یاری‌ها و راهنمایی‌های بی‌شمه‌اش ایشان که بسیاری از سختی‌ها را برایم آسانتر نمود و اساتید ناظر جناب آقای دکتر حسنی و جناب آقای دکتر یونس کمال شکر را دارم.

بر خود واجب می‌دانم از تمامی اساتید خوبم به ویژه جناب آقای دکتر اندام که در راه کسب دانش راهنمایم بودند و در طول دوره تحصیلی همواره تاثیر علم آموزی‌های خود را که چراغ روشن هدایت را بر کلبه‌ی محترم وجودم فروزان ساخته است و آمان که نفس خیرشان و دعای روح پرورشان بدرقه راهم بود، کمال شکر و قدردانی و دعای خیر را داشته باشم.

باشد که این خردترین، بخششی از زحمات آمان را سپاس گوید.

از پدر و مادر عزیزم به خاطر همه تلاش های محبت آمیزی که در دوران مختلف زندگی ام انجام داده اند و با مهربانی چگونه زیستن را به من آموختند، از خواهران مهربانم که همیشه همراه و پشتوانه زندگیم بودند و همچو نگاه دست مرا را نکردند و همواره به یاری من شتافتند، کمال تشکر را دارم. خدایا، به من کمک کن تا بتوانم ادای دین کنم. پروردگارا حسن عاقبت، سلامت و سعادت را برای آمان مقدر فرما.

و در پایان نیز از کلیه ی دانشجویان ترم اول کارشناسی تربیت بدنی دانشگاه شاهرود، ریاست و پرسنل محترم بیمارستان امام حسین (ع) شهرستان و خانم دکتر مهدیه مظاهریان و سایر عزیزانی که در انجام این تحقیق با ما همکاری کردند به خاطر همکاری صمیمانه آن ها سپاسگزار می‌کنم.

تعهد نامه

اینجانب **فائزه ناصرخانی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **فیزیولوژی ورزشی** دانشکده تربیت بدنی دانشگاه شاهرود نویسنده پایان نامه **تأثیر یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با جریان خون محدود شده بر سطح سرمی برخی هورمون ها و عوامل همودینامیک در دختران جوان** تحت راهنمایی **سرکار خانم دکتر مهدی زاده** متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه شاهرود » و یا « Shahrood University » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

تمرین ورزشی با محدودیت جریان خون (BFR)، تمرینی مفید و موثر برای افزایش ارتقا سطح عملکرد ورزشکاران است. هدف کلی از انجام این تحقیق، بررسی اثر یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با محدودیت جریان خون بر سطح سرمی هورمون‌های رشد، عامل رشد شبه انسولین-۱، کورتیزول و برخی عوامل همودینامیک در دانشجویان دختر غیرفعال بود. ۳۰ دانشجوی دختر سالم با میانگین سنی $20/27 \pm 1/76$ سال که داوطلب شرکت در مطالعه بودند، به عنوان نمونه آماری انتخاب و به طور تصادفی در سه گروه: (۱) راه رفتن روی تردمیل با محدودیت جریان خون (با شدت ۲ مایل بر ساعت، ۵ ست ۲ دقیقه‌ای با یک دقیقه استراحت بین هر ست)، (۲) راه رفتن روی تردمیل بدون محدودیت جریان خون (با همان حجم ورزش) و (۳) کنترل (با محدودیت جریان خون و بدون ورزش) قرار گرفتند. سطح سرمی هورمون‌ها در شرایط ناشتایی قبل و بلافاصله بعد از ورزش اندازه‌گیری شد. عوامل همودینامیک نیز قبل از شروع جلسه‌ی ورزش و ۲۰ دقیقه پس از پایان جلسه اندازه‌گیری شد. برای مقایسه تفاوت میانگین متغیرها از آزمون آماری ANOVA استفاده شد. سطح معناداری آماری $P < 0/05$ تعیین شد. تحلیل داده‌ها نشان داد یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با محدودیت جریان خون باعث افزایش معنادار سطح سرمی هورمون رشد، عامل رشد شبه انسولین-۱ و کورتیزول در مقایسه با مقادیر پیش از ورزش شد ($P < 0/05$). نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه نشان داد که بین میانگین سطح سرمی هورمون رشد، عامل رشد شبه انسولین-۱ و کورتیزول سه گروه پس از یک جلسه ورزش تفاوت معناداری مشاهده شد ($P < 0/05$). همچنین تحلیل داده‌ها نشان داد هر دو برنامه ورزشی باعث افزایش معنادار عوامل همودینامیک ضربان قلب، فشار خون سیستولیک و حاصلضرب فشارخون سیستولیک در ضربان قلب در مقایسه با مقادیر پیش از ورزش شد ($P < 0/05$). پس از یک جلسه ورزش، بین ضربان قلب و فشارخون سیستولیک سه گروه تفاوت معناداری مشاهده شد ($P < 0/05$) و میزان افزایش در گروه ورزش BFR بیشتر از گروه بدون BFR بود.

به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که یک جلسه تمرین روی تردمیل همراه با محدودیت جریان خون می‌تواند باعث افزایش بیشتر هورمون‌های کاتابولیک-آنابولیک و باعث تغییر برخی عوامل همودینامیک در دختران جوان غیرفعال شود؛ که این موضوع بیانگر افزایش نیازهای عضله قلب در پاسخ به ورزش BFR است. از اینرو به لحاظ کاربردی، به نظر می‌رسد محدود شدن جریان خون در راه رفتن روی تردمیل خود عامل مهمی در ایجاد پاسخ‌های حاد هورمونی است و محدودیت اجرایی کمتری در مقایسه با تمرینات قدرتی با شدت بالا دارد و در عین حال اهدافی را که از تمرینات با شدت بالا انتظار می‌رود، برآورده می‌سازد و برای طیف وسیع‌تری از مردم، از جمله افراد غیرفعال، ضعیف، بیمار و مسن قابل اجرا است.

واژه‌های کلیدی: محدودیت جریان خون، هورمون رشد، عامل رشد شبه انسولین-۱، کورتیزول، عوامل همودینامیک

فهرست مطالب

عنوان ب

تصویب نامه ت

تقدیم اثر ث

تشکر و قدردانی ج

تعهد نامه خ

چکیده فارسی د

فهرست مطالب ر

فهرست اشکال ض

فهرست جداول ط

فصل اول: طرح پژوهش ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- بیان مسئله ۹

۱-۳- ضرورت و اهمیت تحقیق ۱۱

۱-۴- اهداف تحقیق ۱۲

۱-۴-۱- هدف کلی ۱۲

۱-۴-۲- اهداف اختصاصی ۱۳

۱-۵- فرضیات تحقیق ۱۳

۱-۶- محدودیت‌های تحقیق ۱۴

۱-۶-۱- محدودیت‌های قابل کنترل ۱۴

۱۵	۱-۶-۲- محدودیت‌های غیر قابل کنترل
۱۵	۱-۷- پیش فرض‌های تحقیق
۱۵	۱-۸- تعریف واژه‌ها و اصطلاحات تحقیق
۱۵	۱-۸-۱- تمرین BFR
۱۶	۱-۸-۲- همودینامیک
۱۶	۱-۸-۳- هورمون‌های مرتبط با قدرت و هایپرتروفی عضله
۱۹	فصل دوم: مبانی نظری و پیشینه تحقیق
۲۰	۱-۱- مقدمه
۲۰	۲-۲- مبانی نظری تحقیق
۲۰	۲-۲-۱- تاریخچه محدود کردن جریان خون به هنگام تمرین (کاتسو)
۲۱	۲-۲-۲- تمرین ورزشی با محدودیت جریان خون BFR
۲۳	۲-۳-۲- همودینامیک و گردش خون محیطی
۲۴	۲-۳-۲-۱- فشار خون
۲۵	۲-۳-۲-۲- فشارخون سیستولیک
۲۵	۲-۳-۲-۳- فشارخون دیاستولیک
۲۵	۲-۳-۲-۴- متوسط فشار شریانی (MAP)
۲۶	۲-۳-۲-۵- سنجش فشار خون
۲۷	۲-۳-۲-۶- ضربان قلب (HR)
۲۸	۲-۳-۲-۷- حاصلضرب فشار و ضربان (RPP)
۲۹	۲-۴-۲- هورمون رشد (GH)
۳۱	۲-۴-۵- هورمون (IGF-1)

۳۳	۶-۲-۲-هورمون کورتیزول
۳۴	۷-۲-۲-مزیت تمرینات شدت پایین BFR به تمرینات شدت بالا بدون BFR
۳۵	۸-۲-۲-تمرین BFR و هایپرتروفی
۳۶	۹-۲-۲-تغییرات سطح هورمون‌های مرتبط با هایپرتروفی عضلانی در تمرینات BFR
۳۷	۳-۲-ادبیات تحقیق
۳۷	۱-۳-۲-تأثیر تمرینات BFR بر برخی عوامل همودینامیک
۳۹	۲-۳-۲-تأثیر تمرینات BFR بر سطح هورمون‌های IGF-1, GH و کورتیزول
۵۵	۴-۲-جمع‌بندی
۵۷	فصل سوم: روش‌شناسی پژوهش
۵۸	۱-۳-مقدمه
۵۸	۲-۳-روش تحقیق
۵۸	۳-۳-جامعه و نمونه تحقیق
۵۹	۴-۳-روش اجرای تحقیق
۶۰	۵-۳-برنامه‌های مداخله‌ای برای گروه‌های تجربی
۶۰	۱-۵-۳- برنامه ورزش راه رفتن روی تردمیل با BFR
۶۰	۲-۵-۳- برنامه ورزش راه رفتن روی تردمیل بدون BFR
۶۱	۶-۳-روش محدود کردن جریان خون
۶۲	۷-۳-وسایل و ابزار اندازه‌گیری
۶۵	۸-۳-روش جمع‌آوری نمونه خون و تهیه سرم
۶۶	۹-۳-روش جمع‌آوری اطلاعات
۶۶	۱-۹-۳-اندازه‌های آنروپومتریکی

۶۶	.....۲-۹-۳-متغیرهای همودینامیک
۶۷	.....۳-۹-۳-تجزیه و تحلیل بیوشیمیایی خون
۶۷	.....۱-۳-۹-۳-آشنایی با روش الیزا
۶۸	.....۱۰-۳-روش آماری
۷۱	.....فصل چهارم: تجزیه و تحلیل یافته‌های پژوهش
۷۲	.....۱-۴-مقدمه
۷۲	.....۲-۴-بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها
۷۴	.....۳-۴-یافته‌های توصیفی
۷۴	.....۱-۳-۴-ویژگی‌های فردی
۷۴	.....۱-۱-۳-۴-آماره توصیفی سن آزمودنی‌ها در هر گروه بر حسب سال
۷۴	.....۴-۴-مقایسه میانگین متغیرها قبل و بعد از ورزش
۷۴	.....۱-۱-۴-۴-مقایسه متغیرهای آنتروپومتریک و همودینامیک آزمودنی‌ها قبل و بعد از ورزش به تفکیک گروه‌ها
۷۴	.....۲-۱-۴-۴-مقایسه متغیرهای آنتروپومتریک و همودینامیک آزمودنی‌ها قبل و بعد از ورزش به تفکیک گروه‌ها
۷۶	.....۵-۴-مقایسه میانگین متغیرهای خونی گروه‌های مختلف در ابتدای مطالعه
۷۸	.....۶-۴-مقایسه میانگین متغیرهای همودینامیک گروه‌های مختلف در ابتدای مطالعه
۸۰	.....۷-۴-آزمون فرضیه‌های تحقیق
۸۰	.....۱-۷-۴-فرضیه اول
۸۱	.....۲-۷-۴-فرضیه دوم
۸۳	.....۳-۷-۴-فرضیه سوم

۴-۷-۴-فرضیه چهارم ۸۴

۴-۷-۵-فرضیه پنجم ۸۵

۴-۷-۶-فرضیه ششم ۸۶

۴-۷-۷-فرضیه هفتم ۸۷

۴-۷-۸-فرضیه هشتم ۸۸

۹۱ فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری

۵-۱- مقدمه ۹۲

۵-۲- خلاصه تحقیق ۹۲

۵-۳- بحث و نتیجه گیری ۹۴

۵-۳-۱- تاثیر یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با BFR بر سطوح هورمون های IGF-1،GH و

کورتیزول ۹۴

۵-۳-۲- تاثیر یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با BFR بر برخی عوامل همودینامیک ۱۰۵

۵-۴- پیشنهاد های پژوهش ۱۱۰

۵-۴-۱- پیشنهاد های کاربردی ۱۱۰

۵-۴-۲- پیشنهاد برای تحقیقات آتی ۱۱۱

۱۱۳ منابع و مآخذ

فهرست اشکال

- شکل ۱-۲ تمرینات ورزشی با محدودیت جریان خون (BFR) ۲۳
- شکل ۱-۳ دستگاه تورنیکت جراحی ۶۱
- شکل ۲-۳ دستگاه کالر داپلر پزشکی ۶۲
- شکل ۳-۳ دستگاه Polar Xtrainer Plus ۶۳
- شکل ۴-۳ دستگاه فشارسنج عقربه‌ای و گوشی پزشکی ۶۴
- شکل ۵-۳ دستگاه تردمیل ۶۴
- شکل ۶-۳ دستگاه Elisa Reader ۶۵

فهرست جداول

- جدول (۱-۴) نتایج آزمون کلموگراف-اسمیرنف برای متغیرهای آنترپومتریک، همودینامیک و متغیرهای هورمونی ۷۳
- جدول (۲-۴) آماره‌های توصیفی سن (سال) آزمودنی‌ها به تفکیک گروه‌ها ۷۴
- جدول (۳-۴) مقایسه میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای آنترپومتریک و همودینامیک گروه‌های مختلف قبل و بعد از ورزش ۷۵
- جدول (۴-۴) میانگین و انحراف استاندارد سطح سرمی هورمون‌های رشد، کورتیزول و IGF-1 در گروه‌های مختلف قبل و بعد از ورزش ۷۶
- جدول (۵-۴) مقایسه مقادیر پیش آزمون سطح سرمی GH بین سه گروه ۷۷
- جدول (۶-۴) مقایسه مقادیر پیش آزمون سطح سرمی IGF-1 بین سه گروه ۷۷
- جدول (۷-۴) مقایسه مقادیر پیش آزمون سطح سرمی کورتیزول بین سه گروه ۷۷
- جدول (۸-۴) مقایسه مقادیر پیش آزمون فشارخون سیستولیک بین سه گروه ۷۸
- جدول (۹-۴) مقایسه مقادیر پیش آزمون فشارخون دیاستولیک بین سه گروه ۷۸
- جدول (۱۰-۴) مقایسه مقادیر پیش آزمون ضربان قلب بین سه گروه ۷۹
- جدول (۱۱-۴) مقایسه مقادیر پیش آزمون میزان MAP بین سه گروه ۷۹
- جدول (۱۲-۴) مقایسه مقادیر پیش آزمون میزان RPP بین سه گروه ۷۹
- جدول (۱۳-۴) مقایسه میانگین سطح سرمی GH بین سه گروه در پایان ورزش ۸۰
- جدول (۱۴-۴) نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه تفاوت بین میانگین‌های بین دو گروه ۸۱
- جدول (۱۵-۴) مقایسه میانگین سطح سرمی IGF-1 بین سه گروه در پایان ورزش ۸۲
- جدول (۱۶-۴) نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه تفاوت بین میانگین‌های بین دو گروه ۸۲
- جدول (۱۷-۴) مقایسه میانگین سطح سرمی کورتیزول بین سه گروه در پایان ورزش ۸۳

- جدول (۴-۱۸) نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه تفاوت بین میانگین‌های بین دو گروه ۸۳
- جدول (۴-۱۹) مقایسه میانگین میزان فشار خون سیستولیک بین سه گروه در پایان ورزش ۸۴
- جدول (۴-۲۰) نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه تفاوت بین میانگین‌های بین دو گروه ۸۵
- جدول (۴-۲۱) مقایسه میانگین میزان فشار خون دیاستولیک بین سه گروه در پایان ورزش ۸۶
- جدول (۴-۲۲) مقایسه میانگین میزان ضربان قلب بین سه گروه در پایان ورزش ۸۶
- جدول (۴-۲۳) نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه تفاوت بین میانگین‌های بین دو گروه ۸۷
- جدول (۴-۲۴) مقایسه میانگین میزان MAP بین سه گروه در پایان ورزش ۸۷
- جدول (۴-۲۵) مقایسه میانگین میزان RPP بین سه گروه در پایان ورزش ۸۸
- جدول (۴-۲۶) نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه تفاوت بین میانگین‌های بین دو گروه ۸۸

فصل اول

طرح پژوهش

۱-۱- مقدمه

ورزش و تمرینات مربوط به تناسب اندام، یک حوزه به سرعت در حال تکامل می‌باشند که با توسعه‌ی گرایش‌های ورزشی جدید همراه است [۱]. یکی از دلایل استفاده از فاکتورهای بهینه در طول دوره‌ی تمرین توسط ورزشکاران رقابتی و همچنین افرادی که به صورت تفریحی ورزش می‌کنند، ارتقا سطح عملکرد ورزشکار است. از اینرو، شناسایی شیوه‌های تمرینی جدید و مؤثر همواره مورد توجه محققان علوم ورزشی است. تمرین ورزشی با محدود کردن جریان خون^۱ (BFR)، معروف به "تمرین کاتسو"^۲ که برای اولین بار در کشور ژاپن، به عنوان یک تمرین ورزشی متداول در اختیار عموم مردم قرار گرفت؛ از جمله‌ی این ورزش‌های جدید به‌شمار می‌آید [۲]. تمرین ورزشی BFR که در ژاپن بسیار معمول و یکی از کاربردی‌ترین ورزش‌ها بود؛ به سرعت در سایر کشورها محبوبیت یافت. ویژگی مهم محدود کردن جریان خون در عضو این است که حتی در ورزش با شدت پایین می‌تواند باعث افزایش قابل ملاحظه‌ی توده و قدرت عضلانی شود. در تمرینات ورزشی BFR، کاهش جریان خون منجر به کاهش جریان اکسیژن می‌شود. لذا در این تمرینات نیروی تولید شده توسط تارهای عضلانی تندانقباض نقش مهمی در افزایش قدرت و هایپرتروفی^۳ عضلانی دارد. به عبارت دیگر در تمرین‌های با محدودیت جریان خون، تارهایی که پتانسیل بیشتری برای افزایش رشد عضله دارند (تارهای تند انقباض) و منبع اصلی توان و قدرت عضلانی محسوب می‌شود، فراخوان می‌شوند [۳]. همچنین برخی تحقیقات ثابت کرده است که در تمرینات BFR میزان گلیکوژنولیز و میزان کاهش کراتین فسفات در بافت‌های نوع I در مقایسه با شرایطی که مسیر جریان خون محدود نیست تا حد قابل توجهی افزایش می‌یابد [۴]. جوامع متعددی چون کالج پزشکی ورزشی امریکا^۴ (ACSM) به منظور حفظ آمادگی و پرورش اندام، راهبردهای خود را در جهت ترکیب شدت، حجم و تکرار تمرین برای سازگاری‌های

1- Blood Flow Restricted

2- Kaatsu

3- Hypertrophy

4- American College of Sports Medicine

عملکردی و مورفولوژیکی (شکل ظاهری) عضله پیشنهاد کرده است [۵، ۶]. عموماً اهمیت سازگاری حاصله در تمرین، علیرغم وابستگی به تجربه‌ی تمرینی فرد و سطح تناسب اندام فیزیکی، متناسب با محرک تمرین است. مثلاً شدت تمرین به میزان بیش از ۷۰ تا ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه^۱ (1RM)، حداقل شدت مورد نیاز برای رسیدن به افزایش حجم عضله و قدرت در نظر گرفته شده است. از سوی دیگر، تمرین زیر شدت ۷۰ درصد از 1RM، به ندرت حجم و قدرت عضلانی را بطور قابل توجهی افزایش می‌دهد. با این حال، علیرغم توصیه‌های فراوان برای انجام تمرینات مقاومتی با شدت بالا (بیشتر از ۸۰ درصد 1RM) برای پیشگیری از کاهش توده‌ی عضلانی در برنامه‌های مربوط به کاهش وزن مرتبط با سلامتی، این تمرینات با عوارض متعددی از قبیل آسیب‌های بافتی و مفصلی، التهاب (تورم) و کاهش کامپلیانس شریان مرکزی همراه است [۵]. این موضوع بیانگر آن است که تمرینات مقاومتی با شدت بالا برای برخی از افراد بویژه سالمندان و بیماران قلبی-عروقی دارای محدودیت‌های اجرایی است. از اینرو برای توسعه‌ی روش‌های ایمن‌تر و موثرتر و افزایش حجم عضله در طیف گسترده‌ای از افراد مثل بیماران و سالمندان می‌توان از تمرین مقاومتی با شدت پایین (۲۰ تا ۳۰٪ از 1RM) به همراه جریان خون وریدی محدود شده از عضله فعال (تمرین مقاومتی BFR) استفاده نمود. براساس نتایج مطالعات، یک جلسه تمرینات مقاومتی کم شدت با جریان خون محدود شده، باعث تحریک سلول‌های آنابولیک شده و حتی ۳ ساعت پس از اتمام تمرین افزایش سنتز پروتئین‌های عضله ادامه می‌یابد [۷]. شواهد معتبری وجود دارد دال بر اینکه میزان هایپرتروفی و افزایش قدرت عضلانی پس از تمرینات مقاومتی BFR با شدت تقریباً ۲۰٪ 1RM و تمرین‌های مقاومتی شدید (با شدت تقریبی ۸۰ درصد 1RM) اما بدون محدودیت در جریان خون مشابه است [۸، ۹]. در این روش تمرینی، اگرچه فقط ۲۰٪ از حداکثر قدرت بیشینه فرد مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ اما محدود شدن جریان خون در طول تمرین باعث ایجاد نتایج مشابه در افزایش قدرت و اندازه‌ی عضله با تمرینات مقاومتی شدید می‌شود. مطالعات نشان داده است که تمرینات BFR حتی با شدت

کمتر از ۲۰٪ IRM مانند راه رفتن، می‌توانند سنتز پروتئین عضله را افزایش داده و هدف پستانداری راپامایسن کمپلکس^۱ (mTORC1) و پیامدهی آنابولیکی با واسطه‌ی پروتئین فعال شده توسط میتوزن^۲ (MAPK) را تحریک کند [۱۰، ۷]. MAPK یک عامل احتمالی در تحریک هایپرتروفی عضله توسط این تمرینات است که می‌تواند با افزایش فشار متابولیکی داخل عضله مانند تخلیه فسفو کراتین عضله، افزایش هورمون رشد، افزایش فسفات آزاد (غیر آلی) و کاهش PH عضله باعث افزایش اندازه و متعاقباً قدرت عضلانی گردد [۱۱]. تعادل بین هورمون‌های کاتابولیک و آنابولیک کاربرد مهمی در دوره‌های اجرا و بازیافت دارد [۱۳، ۱۲]. کورتیزول هورمونی کاتابولیک و مهم‌ترین هورمون ضد استرس در بدن است. اما افزایش آن در طولانی مدت سبب بروز مشکلاتی می‌شود که مهم‌ترین آنها مشکلات مربوط به سیستم ایمنی و تخریب پروتئین است [۱۴]. نتایج مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که تغییرات کورتیزول به شدت و مدت تمرین بستگی دارد [۱۵]. میزان رشد سلول‌های عضلانی به فعالیت برخی هورمون‌ها از جمله هورمون رشد^۳ (GH)، انسولین، فاکتور رشد شبه‌انسولین^۴ (IGF-1) و هورمون‌های جنسی استروئیدی نیز وابسته است [۱۶]. نتایج پژوهش‌ها در خصوص پاسخ هورمونی حاد به تمرینات BFR نشان می‌دهد هورمون‌های آنابولیک نظیر هورمون رشد که در رشد و شکل‌گیری مجدد بافت بسیار مهم و حیاتی هستند، حین و بعد از این تمرینات افزایش می‌یابند [۱۷]. این هورمون‌ها در افزایش سنتز پروتئین نقش مهمی دارند. لذا، بهبود برخی از عوامل آمادگی جسمانی در افراد نوجوان به افزایش سطح این هورمون‌ها نسبت داده می‌شود [۱۸].

هورمون رشد یکی از مهم‌ترین هورمون‌های بدن است که همراه با گروهی از هورمون‌های دیگر بر متابولیسم اثر گذاشته و برای حفظ وزن بدن و پروتئین‌سازی در افراد بالغ لازم و ضروری است. ثابت شده است که رشد طبیعی با غلظت پلاسمایی سوماتومدین-C^۵ یا عامل رشد شبه انسولینی IGF-1

-
- 1- Mammalian Target Of Rapamycin Complex 1
 - 2- Mitogen-Activated Protein Kinase
 - 3- Growth Hormone
 - 4- Insulin-like Growth Factor 1
 - 5- Somatomedin C

رابطه مستقیم دارد [۱۹]. ترشح GH و IGF-1 بر افزایش اندازه‌ی عضلات مؤثر بوده و رابطه مستقیمی بین میزان غلظت این هورمون‌ها و افزایش قدرت و اندازه‌ی عضلات مشاهده شده است [۲۰]. مطالعات متعددی در ارتباط با تأثیر هورمون رشد بر افزایش قدرت بیشینه و افزایش اندازه عضلات صورت گرفته است که در بیشتر آنها رابطه مستقیمی بین میزان غلظت این هورمون و افزایش قدرت و اندازه عضلات مشاهده شده است. در افراد بالغ هورمون رشد، پروتئین سازی را تسهیل می‌کند. این عمل با انتقال اسید آمینه از طریق غشای سلول انجام می‌گیرد و منجر به تحریک افزایش تولید و به فعالیت واداشتن ریبوزوم‌های سلولی می‌شوند [۲۱].

هورمون IGF-1 دیگر متغیر وابسته به اندازه سلول عضلانی است. دستگاه IGF مجموعه‌ای از پپتیدها و پروتئین‌های هم خانواده است که نقش محوری در رشد و متابولیسم بازی می‌کند. IGF-1 به عنوان مهم‌ترین عضو این خانواده اثرات رشد قوی را بر بافت عضلانی و استخوانی اعمال می‌کند. این پپتید همچنین اعمال شبه انسولینی را به ویژه در بافت عضله میانجیگری می‌کند و در پلازما به شکل ترکیب با یکی از شش پروتئین اتصال خود گردش می‌کند [۲۲]. شواهد پژوهشی نشان می‌دهد که یک ارتباط تنظیمی-بازخوردی بین هورمون رشد و دستگاه IGF-1 وجود دارد که به موجب آن ترشح هورمون رشد تولید کبدی IGF-1 را افزایش می‌دهد. IGF-1 علاوه بر این اثرات ویژه، برخی از اعمال GH را به ویژه در بافت عضله و استخوان میانجیگری می‌کند و سطوح IGF-1 در گردش به صورت بازخورد منفی ترشح GH را متوقف می‌کند [۲۳]. محققان معتقدند GH به طور غیر مستقیم در تحریک رشد شرکت می‌کند. بدین ترتیب که GH باعث می‌شود کبد (و به میزان بسیار کمتر سایر بافت‌ها) چند پروتئین کوچک موسوم به سوماتومدین بسازد که تأثیر بسیار قوی در افزایش جنبه‌های رشدی بافت‌ها دارد. GH از طریق جریان خون به کبد و سایر بافت‌های محیطی می‌رود و در آنجا IGF-1 تولید می‌شود. این هورمون آثار آنابولیک دارد و موجب رشد بافتی می‌شود [۲۴].

براساس شواهد علمی موجود، بطور کلی کاهش جریان خون در طول تمرین BFR، یکی از شرایط ضروری برای ایجاد سازگاری بعد از تمرین است [۲۵]. اخیراً در بررسی تأثیر شدت‌های مختلف تمرین

BFR، راه رفتن به عنوان تمرینی با شدتی پایین تر از تمرینات مقاومتی مورد توجه قرار گرفته است و مفهوم تمرین BFR با فعالیتی متداول تر مانند راه رفتن در هم آمیخته شده است. نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد حتی راه رفتن (تمرینی با حداقل شدت) با جریان خون محدود شده نیز می‌تواند باعث حفظ و یا افزایش قدرت و اندازه‌ی توده عضلانی شود [۲۶]. در این راستا، تاکارادا^۱ و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که تمرینات مقاومتی با شدت کم و جریان خون محدود شده و همچنین راه رفتن با جریان خون محدود شده به طور چشمگیری منجر به هایپرتروفی عضله و افزایش قدرت عضلانی در مقایسه با تمرینات با شدت بالا و بدون محدودیت عروق شد [۲۷]. اب^۲ و همکاران (۲۰۰۵) و فوجیتا^۳ و همکاران (۲۰۰۷) نیز گزارش کردند سنتز پروتئین عضله در تمرین‌های مقاومتی BFR با ۲۰ درصد 1RM موجب هایپرتروفی می‌شود [۲۸،۸]. نتایج پژوهش دیگر فوجیتا و همکاران در سال ۲۰۰۸ نشان داد که افزایش اندازه‌ی عضله در تمرینات مقاومتی کم شدت با محدود کردن جریان خون با تمرینات قدرتی شدید اما بدون محدودیت جریان خون قابل مقایسه است [۲۹]. در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ دو گروه تحقیقاتی بطور جداگانه تأثیر تمرینات مقاومتی با شدت کم (۲۰ تا ۳۰ درصد 1RM) و با جریان خون محدود شده را بر هایپرتروفی عضله مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که هایپرتروفی ناشی از این تمرینات با تمرینات شدید اما بدون محدودیت عروق برابری می‌کند [۳۰]. کوبو^۴ و همکاران (۲۰۰۶) نیز گزارش کردند مکانیسم افزایش قدرت در تمرینات مقاومتی همراه با محدودیت عروق با مکانیسم افزایش قدرت عضلانی در اثر تمرینات بدون محدودیت عروق متفاوت است. آنها افزایش قدرت را پس از تمرینات مقاومتی BFR به هایپرتروفی عضلانی نسبت دادند و سهم سازگاری عصبی را در افزایش قدرت پس از این نوع تمرینات ناچیز می‌دانند [۳۱].

گزارش شده است که ۱۰ هفته راه رفتن BFR میزان پذیرش سرخرگ کاروتید را بهبود بخشیده و اندازه‌ی عضله‌ی ران را در افراد بزرگسال افزایش می‌دهد. اگرچه مکانیسم تأثیر تمرینات ورزشی کم

1- Takarada

2- Abe

3- Fujita

4- Kubo

شدت همراه با BFR بر میزان پذیرش سرخرگ کاروتید هنوز بطور کامل شناسایی نشده است [۳۲]. نتایج یک پژوهش نشان داد تنها یک دوره تمرین پیاده‌روی کاتسو حتی با وجود بسیار پایین بودن شدت تمرین (۵ / ۰ متر در دقیقه) غلظت GH سرمی را به طور قابل توجهی افزایش داد [۳۳]. این یافته با نتایج مطالعه‌ی تاکارادا و همکاران (۲۰۰۴) که افزایش غلظت گردش GH را پس از تمرین مقاومتی BFR نشان داد، مطابقت دارد. در نتیجه، ترکیبی از BFR با تمرین پیاده‌روی آرام با وجود سطح پایین شدت تمرین باعث هایپرتروفی عضله و افزایش قدرت می‌شود. تمرین پیاده‌روی BFR را می‌توان یک روش بالقوه مفید برای بهبود رشد عضله دانست که برای طیف وسیعی از مردم، (از جمله ضعیف، بیمار و مسن) قابل اجرا است [۳۴].

پاسخ‌های قلبی-عروقی به انواع تمرینات ورزشی بر اساس سن، جنسیت، وضعیت سلامت فردی و ماهیت رشته‌های ورزشی تا حد زیادی متفاوت است [۳۵-۳۷]؛ به بیان دیگر، تمرینات ورزشی با شدت‌های مختلف اثرات متفاوتی بر شاخص‌های همودینامیک مانند فشار خون سیستولیک، ضربان قلب و حاصل ضرب ضربان در فشار (RPP) دارند [۳۸]. بعلاوه، بر اساس نتایج مطالعات، بین سطح آمادگی جسمانی افراد با میزان فشار خون سیستولی، ضربان قلب زمان استراحت و همچنین RPP ارتباط معناداری وجود دارد [۳۹]. این درحالیست که، در زمینه نقش شدت و نوع ورزش در بهبود شاخص‌های عملکردی قلب، اتفاق نظر کلی وجود ندارد. برخی از محققان انجام ورزش با شدت متوسط تا شدید را در کاهش فشار خون سیستولی افراد جوان مؤثر می‌دانند و معتقدند انجام فعالیت بدنی و تمرینات با شدت پایین تأثیری در کاهش فشار خون سیستولی ندارد [۴۰]. کاهش فشار خون سیستولی پس از تمرینات با شدت بالا احتمالاً به دلیل افزایش توده عضلانی اتفاق می‌افتد. ضربان قلب و فشار خون متغیرهای مهمی برای تعیین تغییرات اکسیژن مصرفی میوکارد به هنگام فعالیت ورزشی محسوب می‌شوند [۴۱]. از اینرو، یکی از مهمترین چالش‌ها برای حفظ تعادل (هوموستاز) بدن طی فعالیت ورزشی، افزایش نیاز عضله به اکسیژن است. مصرف اکسیژن میوکارد از طریق کنش

متقابل بین گسترش تنش و انقباض پذیری میوکارد و ضربان قلب تعیین می‌شود. بر اساس شواهد پژوهشی، افزایش ضربان قلب مسئول ۵۰ تا ۷۰ درصد، انقباض پذیری مسئول ۱۵ تا ۲۵ درصد و کار بطنی مسئول ۱۵ تا ۲۵ درصد افزایش در اکسیژن مصرفی میوکارد در جریان فعالیت ورزشی است [۴۳،۴۲]. میزان RPP نیز به عنوان شاخص نسبی کار قلب، که تا حد زیادی با اندازه گیری مستقیم اکسیژن مصرفی میوکارد و جریان خون کرونری ارتباط دارد؛ با افزایش بار کار قلب افزایش می‌یابد تا نیاز به خون کافی برای عضله قلبی فعال را در طول فعالیت فراهم کند. تأمین اکسیژن کافی برای میوکارد از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا برخلاف عضلات مخطط، تولید انرژی در عملکرد طبیعی قلب به طور اساسی به فسفوریلاسیون اکسیداتیو وابسته است و به موجب این وابستگی، افزایش فعالیت عضله قلبی نیازمند افزایش فوری اکسیژن در دسترس می‌باشد [۴۴]. ضربان قلب و فشار خون از ساده‌ترین و در عین حال هشداردهنده‌ترین متغیرهای قلب و عروق هستند. متوسط فشارخون شریانی (MAP)^۱ در طول سیکل قلبی تعیین‌کننده‌ی مقدار جریان خون در سیستم گردش عمومی است [۴۵]. بر اساس گزارش‌های پژوهشی، افزایش معنادار ضربان قلب و هزینه اکسیژن میوکارد در جریان فعالیت ورزشی، در نتیجه‌ی افزایش تحریک سمپاتیکی است [۴۳،۴۲]. تغییرات فشار خون و ضربان قلب حین فعالیت ورزشی به شدت و حجم آن وابسته است، اما تغییرات این دو عامل پس از فعالیت ورزشی هنوز بطور کامل شناخته نشده است. تأثیر متفاوت حجم فعالیت ورزشی بر ضربان قلب و فشارخون پس از فعالیت، به نقش مهم حجم تمرین در تنظیم عوامل همودینامیک، عوامل ترمودینامیک و واکنش‌های عصبی بدن در حین فعالیت نسبت داده می‌شود [۴۷،۴۶]. در طول تمرینات BFR، افزایش فشارخون سیستولی متعاقب محدود شدن بازگشت وریدی که توسط فشار یک کاف یا باند کشی بوجود می‌آید؛ باعث متلاطم شدن جریان خون شریانی، افزایش فشار متابولیکی و همچنین افزایش فراخوانی واحدهای حرکتی تندانقباض در عضلات اسکلتی می‌شود [۱۱،۴۸]. در پایان تمرین برقراری مجدد جریان خون، فشار منطقه‌ای را که با کاف محدود شده بود، تحریک کرده

1- Mean Arterial Pressure

و اتساع عروقی و جریان خون افزایش می‌یابد. در این راستا، تاکانو^۱ و همکاران (۲۰۰۵)، ازاکا^۲ و همکاران (۲۰۰۵) در طول تمرین مقاومتی BFR و رنزی^۳ و همکاران (۲۰۱۰) در طول تمرین پیاده-روی BFR نشان دادند که ضربان قلب و فشار خون به طور معناداری در مقایسه با تمرین بدون BFR بالاتر بود. محققان اظهار داشتند که تمرینات BFR احتمالاً با کاهش پیش‌بار قلب، پاسخ فاکتور رشد اندوتلیال عروقی را تحریک می‌کند [۵۰،۴۹]. بر اساس نتایج تحقیق پولیتو^۴ و همکاران (۲۰۰۹)، اوکاموتو^۵ و همکاران (۲۰۰۶) و هوگت^۶ و همکاران (۲۰۰۴) ضربان قلب و فشار خون در طول تمرین مقاومتی BFR به طور معناداری در مقایسه با تمرین مقاومتی بدون BFR پایین‌تر بود. احتمالاً میزان توده‌ی عضلانی و تعداد جلسات تمرین از دلایل اصلی کاهش فشارخون پس از تمرینات کم شدت BFR است [۵۲،۵۱،۴۶]. با وجود مدارک زیاد در مورد کارآمدی تمرین BFR با شدت پایین، ایمنی نسبی تمرین BFR هنوز به اثبات نرسیده است. این احتمال وجود دارد که ایسکیمی ناشی از BFR باعث افزایش فشارخون و نیاز به اکسیژن میوکاردیال شود که از طریق مقاومت عروق محیطی و سیستمیک و همینطور از طریق تجمع متابولیت‌ها و تحرک بعدی واکنش شیمیایی ایجاد می‌گردد [۳۲].

۱-۲- بیان مسئله

سازگاری‌های عضلانی ناشی از انواع تمرینات مقاومتی، یکی از چالش‌های بحث برانگیز در بین محققان و متخصصان علوم ورزشی به شمار می‌رود. بر اساس نتایج برخی از مطالعات گذشته، شرکت در تمرینات مقاومتی باعث افزایش قدرت و اندازه عضلات درگیر می‌شود [۵۴،۵۳]. تغییر در قدرت و اندازه‌ی عضله پس از تمرینات مقاومتی به دلیل سازگاری عصبی و هورمونی ناشی از تمرین اتفاق می‌-

-
- 1- Takano
 - 2- Ozaki
 - 3- Renzi
 - 4- Polito
 - 5- Okamoto
 - 6- Huggett

افتد [۸]. لذا ارزیابی تغییرات عضلانی متعاقب تمرین بویژه تمرینات مقاومتی، نیازمند مطالعه تغییرات عصبی و هورمونی ناشی از این تمرینات است. در این بین، تأثیر دستگاه غدد درون ریز بر سازگاری-های ناشی از تمرین از اهمیت بیشتری برخوردار است. زیرا براساس شواهد پژوهشی موجود، تغییر در میزان ترشح برخی از هورمون‌ها متعاقب تمرینات مقاومتی، عامل اصلی در سنتز پروتئین پس از تمرینات مقاومتی و ایجاد سازگاری‌های مثبت در ساختار عضلات اسکلتی است [۲۰]. در چند دهه گذشته، انجام تحقیقات گسترده در زمینه نوع تازه‌ای از تمرینات مقاومتی به نام تمرینات مقاومتی BFR [۵۶،۵۵،۳۱]، باعث رشد و توسعه روش‌شناسی این تحقیقات شده است. بیشتر تحقیقات انجام شده در این خصوص بر تأثیر تمرینات مقاومتی BFR بر قدرت و اندازه عضله بدون در نظر گرفتن سازگاری هورمونی مرتبط با افزایش قدرت و تغییر ساختاری عضلات اسکلتی تمرکز کرده‌اند.

به نظر می‌رسد تغییر در ساختار عضله پس از تمرینات BFR که جریان خون پس از محدود شدن مقطعی در طول تمرین، مجدداً برقرار می‌شود، بیشتر تحریک شود. علاوه بر این، مطالعات متعددی افزایش قابل توجه هورمون رشد را به تمرینات مقاومتی یک جلسه‌ای BFR و راه رفتن BFR گزارش کرده‌اند [۵۷،۲۸،۸]؛ این در حالیست که نتایج مطالعات در زمینه‌ی پاسخ هورمون‌های IGF-1 و کورتیزول به تمرینات یک جلسه‌ای BFR متناقض است [۵۸]. به طور کلی مکانیسم‌های فیزیولوژی که رشد عضله را همراه با ورزش کم شدت در ترکیب با BFR بهبود می‌بخشند، ناشناخته‌اند. اگر چه احتمالات زیادی وجود دارند که نشان داده تورم شدید سلولی، ساخت پروتئین را تحریک کرده و مانع پروتئولیز می‌گردد [۵۸].

بررسی ادبیات تحقیق نشان داد که در بیشتر تحقیقات انجام شده، تمرینات BFR در ترکیب با تمرینات مقاومتی کم شدت اعمال شده است. علیرغم محدود شدن جریان خون در متدولوژی تحقیقات از این دست، تغییرات شاخص‌های عملکردی قلب پس از این تمرینات کمتر مورد توجه قرار گرفته است و نتایج این تحقیقات اندک نیز در زمینه ضربان قلب و فشار خون متناقض می‌باشد. این در حالیست که، بر اساس مطالعات محقق تاکنون تأثیر راه رفتن با BFR بر عوامل همودینامیک به

طور محدود بررسی شده است. بعلاوه، ویژگی این تمرینات با جریان خون محدود شده باعث تغییر در سطوح هورمونی و متعاقب آن افزایش حجم و قدرت در عضله می‌شود از این رو به لحاظ نظری تمرین BFR به همراه یکی از فعالیت‌های روزانه همچون راه رفتن، می‌تواند افزایش رشد و قدرت معنادار عضله را در پی داشته باشد. علاوه بر آن، راه رفتن همراه با BFR باعث افزایش همزمان توان هوازی و سبزی عضله شده و به دلیل اهمیت ضعف توان هوازی به عنوان یک عامل خطرزا برای پیشرفت بیماری قلبی-عروقی و کاهش قدرت و توده‌ی عضلانی، به عنوان عاملی خطرزا برای ابتلا به پوکی استخوان، اختلال در راه رفتن و افتادن بیانگر فواید بالقوه این تمرینات است [۳۲]. از اینرو پژوهش حاضر با بررسی تأثیر یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با محدودیت جریان خون (با شدتی معادل ۲ مایل بر ساعت، این شدت تمرین تقریباً معادل شدت فعالیت روزانه بوده و برای افراد با ویژگی‌های جسمانی متفاوت، قابل تحمل است)، بر سطح سرمی برخی هورمون‌ها و عوامل همودینامیک در دختران جوان در صدد پاسخ به این سوالات است که آیا محدود شدن جریان خون می‌تواند به عنوان یک محرک در تغییر سطح سرمی هورمون‌های آنابولیک - کاتابولیک و عوامل همودینامیک پس از یک جلسه ورزش راه رفتن کم شدت BFR عمل کند؟ و اینکه آیا محدود شدن جریان خون می‌تواند جایگزین شدت بالای تمرینات مقاومتی گردد؟

۱-۳- ضرورت و اهمیت تحقیق

افزایش آمادگی و تقویت قابلیت‌های جسمانی ورزشکاران برای بالا بردن کیفیت اجرای مهارت‌های ورزشی، همواره مورد توجه متخصصان و محققان علوم ورزشی بوده است. در سال‌های اخیر، تلاش زیادی برای بهبود عملکرد ورزشکاران رشته‌های مختلف ورزشی انجام شده است. در این راستا، می‌توان به انجام تمرینات تخصصی بدنسازی و استفاده از وسایل و تجهیزات مدرن اشاره کرد. یکی از مؤثرترین و متداول‌ترین روش‌ها برای افزایش عملکرد ورزشکاران رقابتی، استفاده از شیوه‌های تمرینی مناسب است. از اینرو، بسیاری از ورزشکاران حرفه‌ای و همچنین افرادی که به صورت تفریحی ورزش می‌کنند، همواره در برنامه‌های آمادگی جسمانی و بدنسازی خود در جستجوی شیوه‌های تمرینی

مناسب هستند. در تحقیق حاضر، نوع تازه‌ای از تمرینات ورزشی مورد بررسی قرار گرفته است که بر اساس شواهد پژوهشی، این امکان را برای ورزشکاران فراهم می‌آورد تا بتوانند در مدت زمان کمتر با بهره‌گیری از تمرینات BFR با شدت پایین، قدرت و اندازه عضلات خود را افزایش داده و از این طریق سطح عملکرد ورزشی را ارتقاء بخشند. همچنین استفاده از این شیوه‌ی تمرینی برای افرادی که از تمرین با شدت‌های بالا منع شده‌اند کاربرد دارد و برای جلوگیری از آتروفی عضلانی و تحلیل عضلات در طی یک دوره طولانی مدت بستری نیز مناسب می‌باشد. بر اساس مطالعات محقق، به نظر می‌رسد تا کنون تحقیقی در این زمینه در ایران انجام نگرفته است و تحقیقات انجام گرفته در سایر کشورها نیز اغلب بر تمرینات مقاومتی در مردان تمرکز کرده‌اند. همچنین تحقیقات روی زنان جوان بسیار محدود می‌باشد [۵۹]. لذا لزوم انجام تحقیقات داخلی در این زمینه به ویژه بر روی زنان احساس می‌شود. از طرفی براساس آمار پزشکی، زنان نسبت به بعضی بیماری‌های وابسته به طول عمر و سالمندی، حساس‌تر و مستعدتر از مردان هستند، به طوری که احتمال ابتلای آنها به برخی بیماری‌های سالمندی بیشتر است. از سوی دیگر نیز بر اساس آمار اعلام شده‌ی سازمان جهانی بهداشت (۲۰۱۲)، جامعه رو به سالمندی در حال رشد است و از این شیوه تمرینی می‌توان برای افراد سالمند بهره گرفت. بنابراین توصیه می‌شود این تمرینات که تأثیرات مشابه با تمرینات قدرتی شدت بالا و خارج از توان زنان دارند، به عنوان بخشی از برنامه‌های تمرینی زنان در نظر گرفته شود. از این رو چنانچه بتوان با طراحی یک برنامه‌ی تمرینی با شدت کم به همان نتایج تمرین با شدت زیاد دست یافت، می‌توان از آن به عنوان توصیه‌ی کاربردی برای گروه‌های تمرینی متفاوت بهره برد.

۴-۱- اهداف تحقیق

۴-۱-۱- هدف کلی

هدف کلی از انجام این تحقیق بررسی اثر یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با جریان خون محدود شده بر سطح سرمی برخی هورمون‌ها و عوامل همودینامیک در دختران جوان است.

۱-۴-۲-اهداف اختصاصی

۱. مقایسه سطح سرمی هورمون رشد (GH) در گروه‌های مختلف پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با جریان خون محدود شده.
۲. مقایسه سطح سرمی هورمون IGF-1 در گروه‌های مختلف پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با جریان خون محدود شده.
۳. مقایسه سطح سرمی هورمون کورتیزول در گروه‌های مختلف پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با جریان خون محدود شده.
۴. مقایسه فشارخون سیستولیک در گروه‌های مختلف پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با جریان خون محدود شده.
۵. مقایسه فشارخون دیاستولیک در گروه‌های مختلف پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با جریان خون محدود شده.
۶. مقایسه ضربان قلب در گروه‌های مختلف پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با جریان خون محدود شده.
۷. مقایسه متوسط فشار شریانی (MAP) در گروه‌های مختلف پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با جریان خون محدود شده.
۸. مقایسه حاصلضرب فشارخون سیستولیک در ضربان قلب (RPP) در گروه‌های مختلف پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با جریان خون محدود شده.

۱-۵-فرضیات تحقیق

۱. بین سطح سرمی هورمون رشد (GH) دختران جوان در گروه‌های مختلف پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با جریان خون محدود شده تفاوت معناداری وجود دارد.

۲. بین سطح سرمی هورمون IGF-1 دختران جوان در گروه‌های مختلف پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با جریان خون محدود شده تفاوت معناداری وجود دارد.
۳. بین سطح سرمی هورمون کورتیزول دختران جوان در گروه‌های مختلف پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با جریان خون محدود شده تفاوت معناداری وجود دارد.
۴. بین فشارخون سیستولیک دختران جوان در گروه‌های مختلف پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با جریان خون محدود شده تفاوت معناداری وجود دارد.
۵. بین فشارخون دیاستولیک دختران جوان در گروه‌های مختلف پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با جریان خون محدود شده تفاوت معناداری وجود دارد.
۶. بین ضربان قلب دختران جوان در گروه‌های مختلف پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با جریان خون محدود شده تفاوت معناداری وجود دارد.
۷. بین متوسط فشار شریانی (MAP) دختران جوان در گروه‌های مختلف پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با جریان خون محدود شده تفاوت معناداری وجود دارد.
۸. بین حاصلضرب فشارخون سیستولیک در ضربان قلب (RPP) دختران جوان در گروه‌های مختلف پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با جریان خون محدود شده تفاوت معناداری وجود دارد.

۱-۶- محدودیت‌های تحقیق

۱-۶-۱- محدودیت‌های قابل کنترل

۱. آزمودنی‌ها از نظر جنسیت زن و از نظر سبک زندگی ساکن خوابگاه و دارای میانگین سنی ۱۹-۲۱ سال بودند.
۲. آزمودنی‌ها حداقل ۶ ماه تا زمان شروع مطالعه تمرین قدرتی انجام نداده بودند.
۳. آزمودنی‌ها در طول مطالعه، علائم آسیب‌های عضلانی بویژه در اندام تحتانی نداشتند.

۴. آزمودنی‌ها از نظر ابتلاء به عوامل خطرزای بیماری‌های قلبی-عروقی بویژه ابتلاء به فشارخون بالا سالم بودند.

۵. مدت زمان انجام تمرین در تحقیق حاضر یک جلسه بود.

۶. دوره‌ی زمانی این تحقیق اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۳ بود.

۱-۶-۲- محدودیت‌های غیر قابل کنترل

۱. استعمال دخانیات و مصرف مکمل‌های آنابولیک توسط آزمودنی‌ها قابل کنترل نبود.

۲. انجام ورزش و فعالیت بدنی همزمان با برنامه تمرینی پژوهش حاضر توسط آزمودنی‌ها قابل کنترل نبود.

۳. میزان استرس و انگیزه‌ی آزمودنی‌ها قابل کنترل نبود.

۱-۷- پیش‌فرض‌های تحقیق

۱. آزمودنی‌ها انگیزه کافی برای انجام فعالیت بدنی را داشتند.

۲. آزمودنی‌ها در ۶ ماه گذشته تا زمان انجام تحقیق، فعالیت بدنی منظم نداشتند.

۳. آزمودنی‌ها در طول اجرای برنامه تمرینی پژوهش حاضر، کاف یا رگ‌بند را با فشار تعیین شده و در جایگاه مناسب (بخش فوقانی عضله) نگه داشتند.

۴. آزمودنی‌ها با صداقت پرسشنامه‌های مربوط به اطلاعات شخصی و پزشکی-ورزشی را پر کردند.

۱-۸- تعریف واژه‌ها و اصطلاحات تحقیق

۱-۸-۱- تمرین BFR

تعریف مفهومی: تمرین BFR تمرین با محدودیت جریان خون است که در این روش بازگشت وریدی توسط فشار یک کاف یا باندکشی محدود می‌شود [۵۶، ۵۷، ۶۰].

تعریف عملیاتی: تمرین BFR در تحقیق حاضر، انجام یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با محدودیت جریان خون شامل ۵ مرحله ۲ دقیقه‌ای راه رفتن روی تردمیل با سرعت ۲ مایل بر ساعت و ۱ دقیقه استراحت بین هر مرحله بود. در تحقیق حاضر برای محدود کردن جریان خون بخش انتهایی فوقانی عضله ران در طول تمرین، توسط دستگاه تورنیکت جراحی با فشار ۱۴۰ میلی متر جیوه بسته شد [۲].

۱-۸-۲-همودینامیک

تعریف مفهومی: همودینامیک به مطالعه‌ی جریان خون گفته می‌شود که با استفاده از اصول ساده‌ی علم فیزیک در دستگاهی بسیار پیچیده جریان خون را تشریح می‌کند. تغییرات فشار خون (فشارخون سیستولیک^۱، فشارخون دیاستولیک^۲ و متوسط فشار شریانی^۳)، ضربان قلب و حاصل ضرب ضربان قلب در فشارخون سیستولیک (RPP) که از جمله عوامل همودینامیک به شمار می‌آید، حین فعالیت ورزشی به نوع، شدت و حجم آن وابسته است. تمرینات ورزشی با شدت‌های مختلف اثرات متفاوتی بر شاخص‌های همودینامیک دارند [۳۸].

تعریف عملیاتی: در تحقیق حاضر فشارخون سیستولیک و دیاستولیک با استفاده از فشارسنج عقربه‌ای و گوشی پزشکی توسط پزشک حاضر در جلسه و ضربان قلب با استفاده از دستگاه ضربان سنج پلار اندازه‌گیری شد. RPP، از حاصلضرب فشارخون سیستولیک در ضربان قلب برای هر آزمودنی و متوسط فشار شریانی (MAP) با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید [۴۵].

$$MAP=(DBP+0.33(SBP-DBP))$$

۱-۸-۳-هورمون‌های مرتبط با قدرت و هایپرتروفی عضله: هورمون‌های آنابولیک-کاتابولیک هستند که با تنظیم فرایندهای آنابولیک-کاتابولیکی نقش کلیدی در تعیین اندازه توده و قدرت عضلانی دارند [۶۱].

1- Systolic Blood Pressure

2- Diastolic Blood Pressure

در تحقیق حاضر، سطح سرمی هورمون رشد، کورتیزول و IGF-1 به عنوان هورمون‌های مؤثر در قدرت و هایپرتروفی اندازه‌گیری شد و برای ارزیابی هایپرتروفی پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل، از اندازه‌های محیطی اندام تحتانی استفاده شد.

فصل دوم

مسابی نظری

و

مسابی پژوهش

۲-۱- مقدمه

این فصل شامل دو بخش است. در بخش اول، تحت عنوان مبانی نظری؛ تمرینات با محدودیت جریان خون (BFR)، نحوه‌ی محدود کردن جریان خون، عوامل همودینامیک مانند فشار خون، ضربان قلب، متوسط فشار شریانی و هورمون‌های مرتبط با قدرت و هایپرتروفی و تأثیر جایگزینی تمرینات BFR بجای تمرینات قدرتی سنتی و تغییرات هورمونی تشریح خواهند شد. در بخش دوم تحت عنوان مروری بر تحقیقات به عمل آمده، به بررسی تحقیقات انجام گرفته در این زمینه مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۲-۲- مبانی نظری تحقیق

۲-۲-۱- تاریخچه محدود کردن جریان خون به هنگام تمرین (کاتسو)

پروفسور یوشیاکی ساتو^۱ ابداع کننده و معرفی کننده‌ی تمرین ورزشی با محدودیت جریان خون (BFR) معروف به تمرین کاتسو می‌باشد، وی در پاییز سال ۱۹۶۶ هنگامی که در حال تحصیل در سال پایان دبیرستان بود و در یک مراسم گرامیداشت بودا شرکت کرده بود نخستین الهامات تمرین به شیوه کاتسو به وی شد. ساتو این ماجرا را به این شکل تعریف کرده است: "در حالی که به حرف‌های راهب بودایی گوش می‌کردم روی زمین نشسته بودم و پاهایم خواب رفتند و من شروع به ماساژ دادن آنها کردم و به یک احساس آشنا پی بردم، من ۶ سال بدنسازی کار کرده بودم و احساس سفتی که در ناحیه ساق پا بعد از نشستن می‌کردم مشابه احساسی بود که بعد از تمرین بالا آوردن ساق پا داشتم، گمان کردم که قرار گرفتن فشار روی عضله دو قلو باعث حجیم‌تر شدن عضله می‌شود." این موضوع باعث شد تا پروفسور ساتو استفاده از فشار را بر روی نقاط گوناگونی از بدن آزمایش نماید و بعد از سال‌ها موفق به تهیه‌ی راهنمایی برای تمرین به شیوه کاتسو شد. در سال ۱۹۷۳ در یک سفر به همراه تیم اسکی، پروفسور ساتو دچار آسیب جدی شد به طوری‌که هر دو قوزک پای وی دچار

1-Sato

شکستگی گردید و غضروف زانوی راستش نیز پاره شد. پروفسور ساتو به دنبال این آسیب دیدگی شروع به استفاده از تمرینات کاتسو نمود و به طرز شگفت آوری مشاهده کرد که تمرین به شیوه کاتسو موجب ترمیم قوزک و غضروف پای وی شده است و این امر ساتو را در تحقیق در این شیوه مصرتر نمود. بهبودی شگفت آور بعد از وقوع آن آسیب سخت پروفسور ساتو را تشویق کرد تا از این شیوه تمرینی به عنوان یک روش توانبخشی نیز استفاده نمود [۶۲]. در حال حاضر تمرین به شیوه کاتسو تنها منحصر به ورزش نیست بلکه تحقیقاتی روی این شیوه تمرینی در زمینه‌ی بازتوانی و ترمیم بیماری‌های قلبی عروقی، ارتوپدیک و بیماری‌های مرتبط با سیستم ایمنی نیز در جریان می‌باشد. تولید هورمون رشد بیشتر به هنگام استفاده از تمرینات با شدت کم، یک عامل کلیدی می‌باشد که بین تمرین کاتسو و سایر روش‌های تمرینی تفکیک قائل می‌شود. تمرینات کاتسو برای بازتوانی و همین طور سالمندانی که قادر به تمرین‌های شدید نیستند مناسب است [۶۲].

۲-۲-۲ تمرین ورزشی با محدود کردن جریان خون (BFR)

تمرین BFR برای اولین بار در کشور ژاپن، به عنوان تمرین ورزشی متداول در اختیار عموم مردم قرار گرفت. بعد از آن، مطالعات فراوانی در زمینه تأثیر تمرین ورزشی مقاومتی BFR بر قدرت و اندازه توده عضله اسکلتی، سیستم عصبی، هورمون‌های غدد درون‌ریز و پاسخ‌های قلبی و عروقی انجام شد. اخیراً تمرین مقاومتی BFR که با شدت نسبتاً کم، برای مثال ۲۰ درصد یک تکرار بیشینه (1RM) در مقایسه با تمرینات قدرتی سنتی انجام می‌شود، برای تحریک عضله اسکلتی و افزایش قدرت مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر اساس شواهد موجود، حتی تمرین ورزشی هوازی با شدت کم نظیر راه رفتن اگر با محدودیت جریان خون انجام شود، می‌تواند باعث افزایش قدرت و افزایش حجم عضو شود. تمرینات کاتسو ۲۰ تا ۲۵ دقیقه در هر جلسه با شدت ۲۰ تا ۳۰ درصد یک تکرار بیشینه انجام می‌شود. کاف دستگاه کاتسو مشابه کاف دستگاه فشار خون است و فشار آن برای افراد سالم می‌تواند ۱۰۰ mmHg باشد اما برای ورزشکاران حرفه‌ای، فشار کاف را می‌توان تا ۲۴۰ mmHg افزایش داد [۳]. از اینرو، تمرینات BFR کاربرد زیادی در تمرینات ورزشکاران و حتی در بخش بالینی دارند.

برای محدود کردن جریان خون در طول تمرین BFR یک کاف یا باند (معمولاً یک کاف بادی) در قسمت انتهایی عضو بسته می‌شود تا عبور جریان خون به عضلات فعال کاهش یابد. این عمل باعث محدود شدن جریان خون وریدی و در نتیجه تجمع خون وریدی می‌شود. این احتمال وجود دارد که به کارگیری بهینه تارهای عضلانی یکی از مکانیسم‌های درگیر در سازگاری تمرینات BFR باشد. به هنگام استفاده از این تمرینات باید ملاحظاتمانند تفاوت‌های فردی (به عنوان مثال اندازه عضو) و همچنین تفاوت‌های روش شناختی (به عنوان مثال اندازه و فشار کاف محدود کننده جریان خون) و پروتکل تمرین را در نظر گرفت. دستکاری هر یک از این متغیرها، درجه‌ی محدودیت جریان خون را در طول تمرین تحت تأثیر قرار می‌دهد [۲]. تمرینات با جریان خون محدود شده ممکن است نه تنها در افراد سالم، بلکه در بیمارانی که دوره‌ی ریکاوری را سپری می‌کنند، کاربرد داشته باشد. علاوه بر آن علیرغم محدود شدن جریان خون در متدولوژی تحقیقات از این دست، تغییرات شاخص‌های عملکردی قلب پس از این تمرینات کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بعلاوه، نتایج این تحقیقات اندک نیز در زمینه ضربان قلب و فشار خون متناقض می‌باشد. نتایج مطالعات نشان دادند که ضربان قلب و فشار خون در طول تمرین BFR به طور معناداری در مقایسه با تمرین بدون BFR بالاتر بود. محققان اظهار داشتند که تمرینات BFR احتمالاً با کاهش پیش‌بار قلب، پاسخ فاکتور رشد اندوتلیال عروقی را تحریک می‌کند [۴۹، ۵۰].





شکل ۱-۲ تمرین ورزشی با محدود کردن جریان خون (BFR)

نکته مهم در این تمرینات، شدت پایین آن است که با حداقل آسیب عضلانی همراه است [۶۳]. علاوه بر آن تمرینات با شدت بالا برای بیماران بویژه افراد سالمند که برای پیشگیری از کاهش توده عضلانی که به افزایش قدرت عضلانی نیاز دارد، اما تمرینات سخت با آسیب‌های عضلانی و بافتی شدید همراه است. بنابراین شناسایی روش‌های کم خطر و مؤثر جهت حفظ و توسعه قدرت عضلانی برای طیف گسترده‌ای از مردم همواره مورد توجه محققان بوده است [۶۳، ۵۰، ۶۵].

۲-۲-۳- همودینامیک و گردش خون محیطی

در دستگاه عروقی بدن انسان، جریان خون را سلسله نیروها و خواص فیزیکی تعیین می‌کنند و روابط میان این خواص و نیروها، نقاطی را که خون در آنجا جریان می‌یابد و مقدار جریان خون در هر بافت معینی را توجیه می‌کند. همودینامیک به مطالعه‌ی جریان خون گفته می‌شود که با استفاده از اصول ساده‌ی علم فیزیک در دستگاهی بسیار پیچیده جریان خون را تشریح می‌کند [۶۶]. تغییرات فشار خون و ضربان قلب که از جمله عوامل همودینامیک به شمار می‌آید، حین فعالیت ورزشی به شدت و حجم آن وابسته است، اما تغییرات این دو عامل پس از فعالیت ورزشی هنوز بطور کامل شناخته نشده است. تأثیر متفاوت حجم فعالیت ورزشی بر ضربان قلب و فشار خون پس از فعالیت، به نقش مهم حجم و شدت تمرین در تنظیم عوامل همودینامیک، عوامل ترمودینامیک و واکنش‌های عصبی بدن در حین فعالیت نسبت داده می‌شود [۴۶، ۴۷]؛ از سوی دیگر یکی از مهمترین چالش‌ها برای حفظ

تبادل (هوموستاز) بدن طی فعالیت ورزشی، افزایش نیاز عضله به اکسیژن است، فشار خون و ضربان قلب متغیرهای مهمی برای تعیین تغییرات اکسیژن مصرفی میوکارد به هنگام فعالیت ورزشی می-باشند. تمرینات ورزشی با شدت‌های مختلف اثرات متفاوتی بر شاخص‌های همودینامیک مانند فشارخون سیستولیک، ضربان قلب و حاصل ضرب ضربان در فشار (RPP) دارند [۳۸]. بر اساس نتایج مطالعات، بین سطح آمادگی جسمانی افراد با میزان فشارخون سیستولیک، ضربان قلب زمان استراحت و همچنین RPP ارتباط معناداری وجود دارد [۳۹].

۲-۲-۳-۱- فشار خون (BP)

خون موجود در دستگاه قلبی-عروقی به مجموعه‌ای از عروق بسته پمپ می‌شود. وقتی قلب منقبض و منبسط می‌شود، فشاری که خون بر دیواره‌ی عروق وارد می‌کند نیز تغییر می‌کند [۶۶]. فشار خون یکی از علائم اصلی حیات است و به معنای نیرویی از خون است که در مقابل واحد سطح جدار رگ اعمال می‌شود [۶۷]. دستگاه گردش خون به یک دستگاه گسترده برای کنترل فشار خون مجهز شده است و هرگاه متوسط فشار شریانی به میزان چشمگیری کمتر از حد طبیعی ۱۰۰ میلی‌متر جیوه شود، ظرف چند ثانیه یک سلسله رفلکسهای عصبی به وجود می‌آیند که با ایجاد تغییراتی چند در گردش خون، فشار خون را به حد طبیعی باز می‌گردانند. فشار خون با گیرنده‌های فشاری دیواره‌ی عروق خونی بخش‌های مختلف بدن پایش می‌شود علاوه بر رفلکسهای عصبی ترشح برخی هورمون‌ها نیز کنترل کننده فشار خون می‌باشد [۶۸]. نتایج مطالعات اپیدمیولوژیک، بیانگر وجود ارتباط معنادار بین عوامل محیطی از جمله رژیم غذایی و فعالیت فیزیکی با فشار خون است [۶۹]. این درحالیست- که، در زمینه نقش شدت و نوع ورزش در بهبود شاخص‌های عملکردی قلب، اتفاق نظر کلی وجود ندارد. برخی از محققان انجام ورزش با شدت متوسط تا شدید را در کاهش فشار خون سیستولی افراد جوان مؤثر می‌دانند و معتقدند انجام فعالیت بدنی و تمرینات با شدت پایین تأثیری در کاهش فشار خون سیستولی ندارد [۴۰]. فشار خون را تقریباً همیشه بر حسب میلی‌متر جیوه (mmHg) اندازه می‌گیرند، زیرا فشار سنج جیوه‌ای از قدیم به عنوان وسیله استاندارد و مرجع سنجش فشار خون به کار

رفته است. فشار خون به وسیله‌ی سه مقدار یعنی فشار خون سیستولی، فشار خون دیاستولی و متوسط فشار شریانی بیان می‌شود [۷۰].

۲-۳-۲-۲- فشار خون سیستولیک (SBP)

حداکثر فشاری که هنگام سیستول بر دیواره‌ی سرخرگی وارد می‌شود فشار خون سیستولی (SBP) می‌گویند. این فشار نشانه‌ی بالاترین فشار سرخرگی است که برابر با سیستول بطنی قلب است. انقباض بطن خون را با فشار زیادی به درون سرخرگ‌ها می‌راند، که فشار فوق العاده‌ای به دیواره سرخرگ‌ها اعمال می‌کند [۷۰]. فشار سیستولی در بالغین سالم حدود ۱۲۰ mmHg است. معمولاً فشار سیستولی پس از ۶۰ سالگی مختصری بالا می‌رود. این افزایش ناشی از سفت شدن شریانهاست که خود آن نتیجه نهایی آترواسکلروز می‌باشد [۶۸].

۲-۳-۲-۳- فشار خون دیاستولیک (DBP)

کمترین فشاری که هنگام دیاستول بر دیواره‌ی سرخرگی وارد می‌شود فشار خون دیاستولیک (DBP) می‌گویند. این فشار نشان دهنده‌ی پایین‌ترین فشار در سرخرگ به هنگام دیاستول بطنی است، زمانی که قلب در حالت استراحت به سر می‌برد. در این حالت خون بدون انقباض قوی بطنی در سرخرگ‌ها جریان می‌یابد. فشار دیاستولی در بالغین سالم حدود ۸۰ mmHg است [۷۰].

۲-۳-۲-۴- متوسط فشار شریانی (MAP)

متوسط فشار شریانی، فشار میانگینی است که خون هنگام عبور بر دیواره‌ی سرخرگ‌ها اعمال می‌کند. این فشار تعیین کننده‌ی مقدار جریان خون در کل بدن است [۴۵،۶۷]. متوسط فشار شریانی صرفاً میانگین SBP+DBP نیست، زیرا قلب زمان بیشتری را در دیاستول در مقایسه با سیستول صرف می‌کند، بنابراین سرخرگ‌ها در مرحله دیاستول نسبت به مرحله سیستول مدت طولانی‌تری با خون تماس دارند، یعنی مرحله‌ی دیاستول در محاسبه متوسط فشار شریانی عامل موثرتری محسوب می‌شود [۷۰]. پس سهم فشار سیستولی در تعیین فشار میانگین ۴۰٪ و سهم فشار دیاستولی در آن ۶۰٪

است. MAP به عوامل فیزیولوژیکی متعددی مانند برون‌ده قلب، حجم خون، مقاومت در برابر جریان خون و ویسکوزیته‌ی خون بستگی دارد. متوسط فشار شریانی را می‌توان از فرمول زیر محاسبه کرد [۴۵]:

$$\text{MAP}=(\text{DBP}+0.33(\text{SBP}-\text{DBP}))$$

۲-۲-۳-۵-سنجش فشار خون

برای سنجش فشار خون "واقعی" دستگاه مبدل فشار به درون شریان فرستاده می‌شود و فشار مستقیم سنجیده می‌شود. با وجود این، این وسیله فقط فشار درون شریانی را می‌سنجد و کاملاً غیرتهاجمی است، اما برای استفاده‌ی روزانه کاربرد ندارد. در عوض، فشار خون شریانی را می‌توان با روش بازوبند (کاف) سنجید.

روش بازوبند ریشه در صداهای کورتکوف دارد و تکنیکی است که در صد سال گذشته تغییر نکرده است. صداهای کورتکوف با برقراری مجدد جریان خون بعد از باد کردن بازوبند تولید می‌شود و با استفاده از گوشی پزشکی سنجیده می‌شود. گوشی پزشکی در بالای شریان بازویی قرار داده می‌شود و بازوبند تا فشار بیش از فشار سیستولی باد می‌شود. این وضعیت سبب انسداد جریان خون در شریان بازویی می‌شود. زمانی که فشار به تدریج آزاد می‌گردد، فشار درون شریانی بیشتر از فشار درون بازوبند می‌شود و خون در نقطه‌ی فشار دوباره جریان می‌یابد. با وجود این، جریان شروعی متلاطم دارد، زیرا اندازه‌ی شریان با فشار ناشی از بازوبند تغییر می‌کند و جریان متلاطم، ارتعاشات قابل شنیدنی (صداهای کورتکوف) را تولید می‌کند که می‌توان با استفاده از گوشی پزشکی شنید. صداهای کورتکوف در پنج مرحله طبقه بندی می‌شود. مرحله‌ی I ظاهر شدن صدای تیک تیک واضح (نبض) است که همان ظهور نبض قابل لمس است. هنگام مرحله‌ی II، صداها طولانی‌تر و نرم‌تر می‌شوند. این تغییرات دوباره در مرحله‌ی III تکرار می‌شود، زیرا صداها بلندتر و واضح‌تر می‌شوند. مرحله‌ی IV، با محو صداها مشخص می‌شود. سرانجام، مرحله‌ی V، با قطع کامل صدا همراه است. اولین صدای شنیده شده از فشار درون بازوبند همان فشار خون سیستولی است. هوای موجود در بازوبند سپس به تدریج

آزاد می‌شود تا جریان خون دیگر متلاطم نباشد و هیچ صدایی شنیده نشود. فشار در هنگام ناپدید شدن صدا (مرحله ی V) همان فشار خون دیاستولی است. زمانی که بازوبند دور بازو بسته می‌شود و در سطح قلب نگه داشته می‌شود، فرض بر این است که این فشارها کاملاً با فشار خون آئورتی برابرند. اما این وضعیت در بعضی افراد صادق نیست و فشار آئورتی ممکن است با فشار بازویی کاملاً متفاوت باشد. سنجش‌های فشارخون باید استاندارد باشند، زیرا فشارخون با توجه به اندازه‌ی بازوبند، وضعیت بدن، دمای اتاق، الکل، نیکوتین، غذای مصرفی، فعالیت ورزشی، تنش عضلانی، وضعیت دست، صحبت کردن و سر و صدای محیط اطراف فرق می‌کند [۷۱].

۲-۲-۳-۶- ضربان قلب (HR)

ضربان قلب یکی از ساده‌ترین و هشداردهنده‌ترین متغیرهای قلب و عروق است و بازتاب مقدار کاری است که قلب باید انجام دهد، تا افزایش نیاز بدن را در موقع فعالیت بدنی برآورده سازد. به عبارتی ضربان قلب حاصل یک دوره انقباض کامل قلب یعنی پر و خالی شدن آن از خون است. هر دوره این انقباضات در یک فرد بزرگسال سالم کمتر از یک ثانیه طول می‌کشد. ضربان قلب تحت تاثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد، مثلاً ضربان قلب در هوای خیلی گرم و در ارتفاع زیاد افزایش می‌یابد. تعداد ضربان طبیعی قلب در هر دقیقه برای آقایان حدود ۷۰ و برای خانم‌ها ۷۵ ضربه است. این تعداد برای نوزادان که گردش خون سریع و تنفس تندتری دارند تا ۱۳۰ ضربه در دقیقه هم می‌رسد. به طور کلی هرچه تعداد ضربان قلب در حالت استراحت پایین‌تر باشد، نشان دهنده فعالیت موثرتر قلب و سلامت بهتر سیستم قلبی عروقی است. به طور مثال ضربان قلب یک ورزشکار حرفه‌ای در حالت استراحت نزدیک به ۴۰ ضربه در دقیقه است. میانگین ضربان قلب بین ۶۰ تا ۸۰ ضربه در دقیقه است. ضربان قلب زمان استراحت در افراد میانسال غیر ورزشکار و افراد بی تحرک ممکن است از ۱۰۰ ضربه در دقیقه تجاوز کند. بر اساس شواهد پژوهشی، ضربان قلب قهرمانان رشته‌های استقامتی در حالت استراحت بین ۲۸ تا ۴۰ ضربه در دقیقه است [۷۰]. افزایش ضربان قلب مسئول ۵۰ تا ۷۰ درصد، انقباض پذیری مسئول ۱۵ تا ۲۵ درصد و کار بطنی مسئول ۱۵ تا ۲۵ درصد افزایش در اکسیژن

مصرفی میوکارد در جریان فعالیت ورزشی است [۴۲،۴۳] و افزایش معنادار ضربان قلب و هزینه اکسیژن میوکارد در جریان فعالیت ورزشی، در نتیجه‌ی افزایش تحریک سمپاتیکی است [۴۲،۴۳]. برای اندازه‌گیری ضربان قلب به سادگی می‌توان نبض را چک کرد. برای انجام این کار انگشت اشاره و انگشت سوم خود را روی گردن نزدیک به نای قرار می‌دهیم. همچنین می‌توان برای اندازه‌گیری نبض از روی مچ، ۲ انگشت خود را بین استخوان و تاندون و روی شریان رادیال که در سمت انگشت شست بر روی مچ است قرار داد هنگامی که نبض را احساس کردیم تعداد ضربان در ۱۵ ثانیه را اندازه‌گیری و برای محاسبه‌ی تعداد ضربان در یک دقیقه این عدد را در ۴ ضرب می‌کنیم. عوامل متعددی می‌تواند بر روی ضربان قلب اثرگذار باشد این موارد شامل: نوع فعالیت، سطح آمادگی جسمانی، درجه حرارت هوا، موقعیت بدن (برای مثال در حالت ایستاده یا دراز کشیده)، احساسات، اندازه بدن، داروهای مصرفی. اگرچه تعداد ضربان نرمال طیف وسیعی را شامل می‌شود، ضربان قلبی که بیش از اندازه کم و یا زیاد باشد می‌تواند بیانگر وجود یک مشکل باشد. اگر ضربان قلب در حالت استراحت بیشتر از ۱۰۰ (تاکی کاردی) و یا کمتر از ۶۰ است (برادی کاردی)، حتماً با پزشک مشورت کنیم. اگر علائمی مانند ضعف کردن، سرگیجه و یا تنگی نفس دارید این موضوع اهمیت بیشتری پیدا می‌کند [۷۱،۷۲].

۲-۲-۳-۷- حاصلضرب فشار و ضربان (RPP)

RPP که از حاصلضرب فشار خون سیستولی (SBP) و ضربان قلب (HR) حاصل می‌شود شاخص نسبی کار قلب است که ارتباط زیادی با اندازه‌گیری مستقیم اکسیژن مصرفی میوکارد و جریان خون کرونری دارد. این شاخص با افزایش بارکاری قلب افزایش می‌یابد تا نیاز به خون کافی برای عضله قلبی فعال را در طول فعالیت فراهم کند. تأمین اکسیژن کافی برای میوکارد از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا برخلاف عضلات مخطط، تولید انرژی در عملکرد طبیعی قلب به طور اساسی به فسفوریلاسیون اکسیداتیو وابسته است و به موجب این وابستگی، افزایش فعالیت عضله قلبی نیازمند افزایش فوری اکسیژن در دسترس می‌باشد [۴۴].

۲-۲-۴-هورمون رشد

هورمون رشد (GH) یکی از هورمون‌های مؤثر در رشد بافت‌های بدن، است. به اعتقاد برخی از پژوهشگران، هورمون رشد به طور غیرمستقیم در تحریک رشد شرکت می‌کند. بدین ترتیب هورمون رشد موجبات ساخت چندین پروتئین کوچک موسوم به سوماتومدین‌ها را فراهم می‌کند. این پروتئین‌ها تأثیر قوی در افزایش کلیه‌ی جنبه‌های رشدی بافت دارند [۷۳]. هورمون رشد یا سوماتوتروپین از سلول‌های اسیدوفیلیک غده هیپوفیز قدامی ترشح شده باعث افزایش تجزیه چربی، افزایش استفاده از اسیدهای چرب، کاهش استفاده از گلوکز پلاسما، کاهش سنتز گلیکوژن، افزایش سنتز کلاژن، افزایش نگهداری نیتروژن و افزایش انتقال اسیدامینه از غشاء سلول می‌شود. عمل اصلی هورمون رشد سنتز پروتئین است و علاوه بر آن می‌تواند غلظت گلوکز پلاسما را از طریق مستقیم حفظ و بر متابولیسم کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها تأثیر بگذارد [۷۴-۷۷]. هورمون رشد به محرک‌های فیزیولوژیکی چون خواب و ورزش حساس است. از اینرو این هورمون، در رشد انسان تأثیر بسزایی دارد. بیش از این سال‌ها تصور می‌شد که هورمون رشد تا زمان بلوغ ترشح شده و سپس با تکمیل بلوغ از خون پاک می‌شود. این درحالیست که بر اساس شواهد پژوهشی اخیر ترشح هورمون رشد حتی بعد از بلوغ نیز ادامه می‌یابد. این موضوع در پاسخ به رشد عضله، استخوان، بافت همبند و نیز بهینه کردن فرآیند سوخت و سازی به هنگام تمرین مفید است [۷۵].

در خون چند نوع ایزوفرم GH بیان و یافت می‌شود که متداول‌ترین آنها عبارتند از: هورمون رشد ۲۲ دالتونی (۲۱ درصد هورمون رشد موجود در خون) و هورمون رشد ۲۰ دالتونی. GH به صورت پیوند با پروتئین‌های ویژه که مشابه ساختار مولکولی گیرنده GH است، در خون به گردش در می‌آید. عمل آنابولیکی GH، تحریک رشد بافت‌های خالص بدن از جمله جرم استخوان است. GH فرایند رشد را دو عمل کنترل می‌کند. عمل مستقیم GH، ایجاد تمایز بافتی از جمله بیان عوامل رشدی مثل IGF-1 و IGF-II و گیرنده‌های آنها در کبد و دیگر بافت‌های هدف مانند سلول‌های موجود در مناطق زایا و

تکثیری نواحی رشدی اپی‌فیزی موجود در استخوان‌های دراز است. این هورمون همچنین بطور غیر مستقیم با افزایش عمل تکثیری رهایش IGF-1 کبدی به درون خون و نیز عوامل رشد موضعی موجود در بافت‌های هدف، گسترش سلولی کلونی را تحریک می‌کند. این اعمال GH باعث تکثیر کندروسیتها و افزایش ضخامت EGZ موجود در خون یا سوماتومدین، مسیر اصلی تحریک رشد قد است. امروزه مشخص شده که تحریک مستقیم رونویسی ژن عامل رشد از سوی GH در بافت‌های هدف، تأثیر مضاعفی بر رشد قد ندارد.

عمل آنابولیکی هورمون رشد به الگوی رشد ضربانی GH، القای پیوسته آن باعث رونویسی بیان ژن IGF-1 در عضلات و مناطق رشد اپی‌فیزی می‌شود و در موش‌هایی که هیپوفیز آنها برداشته شده، باعث رشد سریع تر آنها می‌شود. نتیجه یک بررسی اخیراً نشان داد که سهم نسبی انواع ۲۲ کیلو دالتونی و غیر ۲۲ کیلو دالتونی هورمون رشد می‌تواند توانایی گسترش رشدی متفاوت داشته باشد و اعمال فیزیولوژیکی متفاوتی را انجام دهد. از آنجاییکه نوع غیر ۲۲ کیلودالتونی هورمون رشد، سهم کمتری در جهش رشد سریع بلوغ دارد، وقتی که رشد کودکان طبیعی کاهش می‌یابد در کودکان مبتلا به نقص رشدی، سهم این نوع از هورمون رشد بیشتر می‌شود. هر دو نوع GH به یک اندازه شکل‌گیری استخوان را تحریک می‌کنند، در صورتیکه توانایی تحریکی متفاوتی بر ترشح PRL احتباس آب و لیپولیز دارند. ایزوفرم ۲۲ کیلودالتونی هورمون رشد به شکل تجاری موجود است و القای آن می‌تواند در خون شناسایی شود. این نوع GH می‌تواند موقتاً نسبت طبیعی انواع GH را در خون تغییر دهد [۷۸].

هورمون رشد در فعالیت‌های ورزشی بالاتر از آستانه بی‌هوازی رها می‌شود. مقدار و الگوی رهایش هورمون رشد در اثر فعالیت ورزشی، به نوع و شدت فعالیت ورزشی و همچنین اندازه و گروه عضلات درگیر بستگی دارد. در حیطة تمرینات BFR تمرینات با بار کم و تکرار ۵ تا ۱۰ درمقایسه با تمرینات شدید با حداکثر تکرار، منجر به پاسخ‌های بزرگتری در GH می‌شود [۷۸]. هورمون رشد یا هورمون نمو در دوران کودکی و نوجوانی موثرتر است و باعث تحریک آنابولیکی پروتئین‌ها و در نتیجه ساخته

شدن بافت‌های جدید می‌شود که در رشد و شکل‌گیری مجدد بافت، بسیار مهم و حیاتی هستند [۷۹].

۲-۲-۵-هورمون IGF-1

فاکتور رشد، سوماتوستادین C یا عامل رشد شبه‌انسولین است و به عنوان محرک مثبت رشد عضلانی شناخته شده است. این هورمون در کبد و عضلات اسکلتی تولید می‌شود و دارای نقش اندوکراین و اتوکراین می‌باشد. وزن مولکولی سوماتوستادین C حدود ۷۵۰۰ دالتون است. این هورمون تأثیر مهمی در افزایش همه جانبه رشد دارد [۸۰]. در واقع IGF-1 اثر آنابولیکی قوی بر بافت عضلانی دارد [۶۶]. بسیاری از اثرات سوماتومدین‌ها بر رشد، شبیه انسولین است. ازینرو به آنها عوامل رشد شبه انسولینی IGF هم گفته می‌شود. تاکنون چهار سوماتومدین شناسایی شده‌اند، دراین بین سوماتومدین C یا IGF-1 مهمترین آنهاست [۸۱].

IGF-I و IGF-II میانجی‌های عمل آنابولیکی هورمون رشد (GH)، به گیرنده IGF نوع I متصل شده و آثار میتوزنیک خود را نشان می‌دهد. هر دو پپتید با میل ترکیبی کمتر می‌توانند به گیرنده‌ی انسولین متصل شوند. IGF ها در خون، به خانواده‌ای از پروتئین‌های پیوندی (IGFBPs) که میل ترکیبی زیاد با IGF ها دارند متصل می‌شوند و با گیرنده‌های غشا پیوند برقرار می‌کنند. برخی از این پروتئین‌ها مستقل از کنترل IGF مستقیماً بر روی سلول‌ها عمل می‌کنند. IGFBP ها اعمال آنابولیک IGF را تقویت یا مهار می‌کنند. در میان پروتئین‌های پیوندی، IGFBP نوع ۳، ۴، ۵ با GH تنظیم می‌شوند و IGFBP نوع ۳ اعمال تقویت‌کننده‌ی رشد IGF-I را تسهیل می‌کنند. سایر هورمون‌ها اعمال آنابولیکی را پس از تولید GH گسترش و تنظیم می‌کنند. هورمون‌های تیروئید، با عمل دوگانه خود سنتز عمل GH را افزایش می‌دهند.

T3 با افزایش بیان IGF-I کبدی و با افزایش آثار آنابولیکی IGF ها بر غضروف، رشد خطی را تحریک می‌کند. T3 همچنین تمایز کندروبلاست و استئوبلاست را تحریک می‌کند که پیامد آن بلوغ اسکلتی

است. همچنین متابولیسم مواد معدنی و استخوان را در بزرگسالان تنظیم می‌کند. هورمون‌های گنادی (غدد جنسی)، الگوی ویژه جنسی رشد قد را تعیین می‌کنند. تفاوت در اندازه و نسبت لگن و کمر بند شانه، عضلات و ذخایر چربی مردان و زنان از جمله ویژگی‌های جنسی هستند. افزایش ترشح هورمون‌های گنادی هنگام بلوغ با غلظت زیاد GH و IGF-I همراه است. این موضوع تعامل بین GH و استروئیدهای جنسی را در رشد و حفظ توده‌ی اسکلتی و در نهایت رشد بدن نشان می‌دهد. افزایش هم‌زمان غلظت GH و IGF-I در پلاسما هنگام بلوغ باعث می‌شود تا بازخورد IGF-I بر ترشح GH کاهش یابد [۸۲]. این هورمون آثار آنابولیک دارد و منجر به پدیده رشد بافتی می‌شود. افزایش سطح کاتکولامین‌ها (آدرنالین و نورآدرنالین) به هنگام ورزش نیز محرکی بر ترشح GH است. پس از افزایش ترشح GH، IGF-1 نیز به نوبه خود افزایش می‌یابد. لذا می‌توان انتظار داشت که اثرات آنابولیک آن به صورت رشد عضلانی-اسکلتی ظاهر شود [۸۱،۸۳]. پروتئین‌های متصل به IGF-1 (IGFBPs) بر عملکرد این هورمون‌ها تأثیر دارند. این پروتئین‌ها نیمه عمر IGF-1 را در خون افزایش داده و سطح IGF-1 آزاد را در خون کاهش می‌دهند [۸۴،۸۵]. این هورمون بر رشد دوران بزرگسالی تأثیر قابل توجهی دارد و به عنوان یک عامل مؤثر در رشد دوران کودکی و بلوغ شناخته شده است. آنها با یکی از اعمال دوگانه آنابولیکی یا کاتابولیکی خود، بدن را در مواجهه با یک شرایط غیرطبیعی حفظ می‌کنند. براساس شواهد پژوهشی غلظت هورمون‌های لوتئینی در پسران ۱۶ تا ۱۸ ساله بعد از ۲۰ کیلومتر دویدن بطور مساوی افزایش می‌یابد [۸۶].

به هنگام مطالعه پاسخ این هورمون‌ها به فعالیت ورزشی، باید عوامل ژنتیکی، فیزیکی و عملکردی فرد را نیز مورد توجه قرار گیرد. بررسی پاسخ متابولیکی و هورمونی به تمرینات ورزشی می‌تواند یکی از عوامل موثر برای توسعه عملکرد ورزشی را شناسایی نماید که خود یک عامل مهم بهبود رشد عضلانی دوران بلوغ و نوجوانی نیز شمار می‌رود. میزان رشد سلولی بدن یک فرد به فعالیت هورمون‌هایی مانند GH، انسولین، IGFs و هورمون‌های جنسی استروئیدی وابسته است. برخی از این هورمون‌ها به طور مستقیم فرایند متابولیکی را در زمان استراحت و تمرین تنظیم می‌کنند این در حالیست

که دیگر هورمون‌ها از جمله انسولین این فرایند را به طور غیرمستقیم کنترل می‌کند [۱۶]. محققان در بررسی تأثیر تمرینات با محدودیت جریان خون بر IGF-1 عضلات اسکلتی در سالمندان لاغر دریافتند ورزش باعث افزایش ۲/۵ برابری میوزین‌های جدید و افزایش IGF-1 شد. پاسخ سالمندان لاغر به تمرین BFR، به شکل بازسازی بافت عضلات اسکلتی است و در صورت دریافت انرژی کافی، اندازه توده عضلانی پس از این تمرینات بطور معناداری افزایش می‌یابد [۸۷]. این درحالیست که نتایج برخی تحقیقات نشان می‌دهند این تمرینات تأثیری بر IGF-1 ندارد [۸۸].

۲-۲-۶-هورمون کورتیزول

هورمون کورتیزول، گلوکوکورتیکوئید اولیه ترشح شده توسط کورتکس آدرنال است. کورتیزول به هنگام گرسنگی و تمرینات طولانی مدت ترشح می‌شود و از طریق مکانیسم‌های مختلف (افزایش در کبد، تحریک آزادسازی اسید چرب آزاد از بافت چربی و جلوگیری از ورود گلوکز به بافت) به حفظ غلظت پلاسمای گلوکز کمک می‌کند. افزایش طولانی مدت سطح کورتیزول می‌تواند اثرات زیانباری داشته باشد، اگرچه افزایش حاد آن، مسئول بخشی از فرایندهای شکل‌گیری مجدد بافت عضله می‌شود. نقش کورتیزول در سرکوب کردن سلول‌های سیستم ایمنی (از جمله سلول‌های T) بطور مستقیم ریکاوری و شکل‌گیری مجدد بافت عضله اسکلتی را کنترل می‌کند [۱۷، ۷۴]. کورتیزول یکی از مهمترین هورمون‌های تنظیم‌کننده متابولیسم کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها است که با افزایش بسیج چربی‌ها از بافت چربی استفاده بیشتر از چربی‌ها رابه عنوان منبع سوخت تحریک می‌کند و در نتیجه باعث افزایش تولید انرژی در سلول‌های عضلانی می‌شود [۸۹]. کورتیزول با تأثیر بر روی عضلات و بافت چربی، سوخت لازم برای انجام فعالیت شدید را فراهم می‌سازد. و با تغییر نوع و مقدار آنزیم‌ها باعث تغییر در روند متابولیسم می‌گردد. در بافت چربی، کورتیزول آزادسازی اسیدهای چرب از تری‌آسیل‌گلیسرول‌های ذخیره شده را تحریک می‌کند. اسیدهای چرب آزاد شده به خون انتقال داده شده و به عنوان سوخت در اختیار بافت‌های مختلف بویژه عضلات قرار می‌گیرد. بلافاصله پس از شروع

فعالیت ورزشی برداشت اسیدهای چرب از بافت چربی موجب افزایش غلظت این ترکیبات در خون می‌شود و با ورود اسیدهای چرب به سلول‌های عضلانی مهمترین ماده سوخت و تولید انرژی در فعالیت‌های ورزشی تأمین می‌گردد [۹۰]. استرس به عنوان یک عامل خارجی مستقیماً در تحریک و ترشح کورتیزول تأثیر می‌گذارد و از آنجاییکه ورزش نیز به عنوان یک استرس پیش بینی شده شناخته شده است، لذا در انواع مختلف ورزش‌ها افزایش غلظت پلاسمایی کورتیزول با مقادیر متفاوت گزارش شده است. براساس شواهد پژوهشی موجود، طول مدت فعالیت با سطح کورتیزول خون ارتباط مستقیم دارد [۹۱].

۲-۲-۷- مزیت تمرینات شدت پایین BFR به تمرینات شدت بالا بدون BFR

مزیت‌های مختلف مانند افزایش توان حرکتی، واکنش هورمونی، فاکتورهای رشد و همچنین افزایش سنتز پروتئین عضله برای تمرینات BFR شناخته شده است. بطور کلی در تمرین مقاومتی کم شدت تارهای عضلانی نوع I (با سطح اکسایشی-کم) تولید نیرو را بر عهده دارند. این تارهای عضلانی برخلاف تارهای عضلانی نوع II از اکسیژن خون به عنوان سوخت استفاده می‌کنند. این در حالیست که تارهای عضلانی نوع II در تمرین‌های بی‌هوایی و در غیاب اکسیژن فعال می‌شوند و پتانسیل زیادی برای افزایش رشد عضله دارند. افزایش قدرت و هایپرتروفی عضلانی در تمرین BFR به دلیل فعالیت عضلانی تارهای عضلانی با پتانسیل زیاد می‌باشد. از اینرو میزان افزایش قدرت و هایپرتروفی عضلانی در تمرینات BFR با شدت کم مشابه تمرینات قدرتی با شدت بالا اما بدون محدودیت در جریان خون است [۳].

تمرینات ورزشی که با محدودیت جریان خون همراه است، کاهش جریان خون منجر به کاهش جریان اکسیژن می‌شود لذا در این تمرینات نیروی تولید شده توسط تارهای عضلانی نوع II نقش مهمی در افزایش قدرت و هایپرتروفی عضلانی دارد. به عبارت دیگر در تمرین‌های ورزشی با محدودیت جریان خون، تارهایی که پتانسیل بیشتری برای افزایش رشد عضله دارند (تارهای تند انقباض نوع II) و منبع اصلی توان و قدرت عضلانی محسوب می‌شود، فراخوان می‌شوند. خستگی عضلانی در تجدید نیرو

بافت‌ها بسیار حائز اهمیت است. خستگی به کاهش تولید نیرو تعبیر می‌شود که در نهایت به انقباض تارهای تندانقباض منتهی می‌شود [۳]. برخی تحقیقات ثابت کرده است که در تمرینات BFR میزان گلیکوژنولیز و میزان کاهش کراتین فسفات در بافت‌های نوع I در مقایسه با شرایطی که مسیر جریان خون محدود نیست تا حد قابل توجهی افزایش می‌یابد [۴].

۲-۲-۸- تمرین BFR و هایپرتروفی

تمرین با محدودیت جریان خون از طریق مکانیسم‌های مختلفی باعث هایپرتروفی عضلانی می‌شود. براساس متداول‌ترین مکانیسم شناخته شده، سطح هورمون رشد (GH) پس از این تمرینات، عامل اصلی هایپرتروفی است. این هورمون از طریق افزایش سنتز پروتئین‌های عضله نقش مهمی در هایپرتروفی عضله اسکلتی پس از تمرین ایفا می‌کند [۹۲]. محدودیت جریان خون عضلات (BFR) در طول تمرین راه رفتن باعث افزایش حجم توده‌ی عضله و بهبود قدرت عضلانی، مشابه با تمرینات مقاومتی با شدت بالا می‌شود. این درحالیست که شدت تمرینات با جریان خون محدود شده بسیار پایین‌تر است. براساس نتایج مطالعات انجام شده، ۱۰ هفته تمرین راه رفتن با جریان خون محدود شده، میزان پذیرش سرخرگ کاروتید را بهبود بخشیده و اندازه توده‌ی عضلات ران را در افراد بزرگسال افزایش می‌دهد [۴۹]. نتایج برخی از مطالعات نیز نشان داد پس از حرکت اکستنشن زانو، افزایش تورم عضله بلافاصله بعد از تمرین، در تمرینات BFR نسبت به تمرینات غیر BFR بیشتر بوده است [۳۴].

مکانیسم احتمالی درگیر در زمینه افزایش حجم عضله پس از تمرینات BFR، به نوع انقباض عضلانی نسبت داده شده است. شواهد نشان می‌دهد انقباض درون‌گرا مسئول افزایش هایپرتروفی عضلانی پس از تمرینات کم شدت با جریان خون محدود شده است. این درحالیست که نتایج بیشتر مطالعاتی که روی تمرینات مقاومتی با شدت بالا انجام شده‌است، نشان داده‌اند که انقباض برون‌گرا با تکرار یکسان نسبت به تمرینات درون‌گرا، تأثیر بیشتری روی هایپرتروفی عضلانی دارد [۹۳]. ازسوی دیگر براساس

نتایج مطالعات، یک جلسه تمرینات مقاومتی کم شدت با جریان خون محدود شده، باعث تحریک سلول‌های آنابولیک شده و حتی ۳ ساعت پس از اتمام تمرین افزایش ساخت پروتئین‌های عضله ادامه می‌یابد [۹۴]. براساس شواهد پژوهشی بطور کلی تمرینات با شدت پایین فقط زمانی می‌تواند منجر به افزایش هایپرتروفی عضلانی گردد که تمرین همراه با محدودیت جریان خون باشد. در این صورت منجر به نتایجی مشابهی با تمرینات مقاومتی با شدت بالا (معادل ۸۰ درصد تکرار بیشینه) می‌شود [۳].

۲-۲-۹- تغییرات سطح هورمون‌های مرتبط با هایپرتروفی عضلانی در تمرینات BFR

یکی از محتمل‌ترین مکانیسم افزایش هایپرتروفی عضلانی پس از تمرینات BFR افزایش سطح میزان هورمون رشد (GH) است. مطالعات نشان داده است که این هورمون از طریق افزایش سنتز پروتئین‌های عضله نقش مهمی در هایپرتروفی عضله اسکلتی پس از تمرینات BFR ایفا می‌کند [۹۲]. کرامر و راتامس (۲۰۰۵) افزایش معنادار در تمرین حاد در سطح GH بعد از یک دوره تمرین حاد ورزشی گزارش شده است [۴]. میزان سطوح هورمونی پس از تمرین با محدودیت جریان خون با تغییر در سطح هورمون‌رشد، تستوسترون، کورتیزول، فاکتورهای رشد شبه انسولین (IGF-1)، انسولین، کاتکولامین‌ها همراه است و با هایپرتروفی عضلانی اسکلتی ارتباط دارد. محققان اظهار داشتند تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۲۰٪ یک تکرار بیشینه باعث افزایش قابل توجه در غلظت پلاسمایی هورمون رشد گردید [۵۷]. در همین راستا گزارش شده است که تمرینات طولانی مدت ترشح هورمون‌های غدد درون ریز را تحریک می‌کند. ۱۰ هفته تمرین راه رفتن با جریان خون محدود شده باعث افزایش اندازه توده‌ی عضلات ران در افراد بزرگسال گردید [۴۹]. علاوه به نوع تمرین، مدت زمان استراحت بین ست‌های تمرین نیز از عوامل مؤثر بر میزان ترشح هورمون رشد است. گزارش شده است که استراحت کوتاه مدت ۱ دقیقه‌ای بین ست‌های تمرینی باعث افزایش ترشح ۱۰۰ برابری هورمون رشد گردید. این درحالیست که افزایش مدت استراحت به ۳ دقیقه باعث افزایش بیشتر از این مقدار نشد [۹۵]. یکی از فرایندهای اولیه در تحریک غده‌ی هیپوفیز برای ترشح هورمون رشد و

هورمون‌های استروئیدی جنسی محصولات فرعی متابولیک مانند لاکتات و یون H^+ است [۹۶]. پاسخ غدد درون ریز به تمرینات ورزشی با شدت و حجم تمرین ورزشی ارتباط دارد. تمرینات با حجم بالا و متوسط، و همچنین تمرینات با شدت بالا باعث افزایش سطوح هورمون‌های رشد و کورتیزول می‌شود [۹۷]. در پاسخ هورمون رشد (GH) به تمرین، نیازهای سوخت و ساز و هیپوکسی است. تمرینات کم شدت با محدودیت جریان خون توسط تورنیکت (شریان بند) یک روش مفید و جایگزین برای تمرینات قدرتی است. بطوریکه تمرینات با شدت بالا معادل (۸۰ درصد ۱ تکرار بیشینه) باعث افزایش تولید ۱۰۰ برابری غلظت پلاسمایی GH می‌شود. در حالی که تمرینات مقاومتی کوتاه مدت با شدت پایین (۲۰ درصد ۱ تکرار بیشینه) و جریان خون محدود شده باعث افزایش ۲۹۰ برابری غلظت هورمون GH می‌شود [۵۰] و راه رفتن همراه با BFR سطح فسفوریلاسیون ERK 1/2 و P38 را در مردان جوان افزایش می‌دهد و این افزایش حدود ۵ برابر بیش از استراحت کردن بود و غلظت هورمون GH پس از حدود یک ساعت راه رفتن، به حدود 16 ng mL^{-1} رسید، و این مقدار در مقایسه با مطالعات پیشین در مورد راه رفتن BFR برای مردان جوان، بالاتر بود [۱۰].

۳-۲- ادبیات تحقیق

۳-۲-۱- تاثیر تمرینات BFR بر برخی عوامل همودینامیک

تاکانو و همکاران (۲۰۰۵) در تحقیقی تأثیر تمرین مقاومتی کم شدت BFR یک جلسه‌ای را بر پاسخ‌های همودینامیکی بررسی کردند. در این مطالعه ۱۱ مرد میانسال ۲۶-۴۵ ساله شرکت کردند. داوطلبان تجربه تمرین مقاومتی نداشتند و عدم ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی و ریوی، عدم مصرف داروی خاصی و نداشتن ورزشی منظم از شرایط انتخاب افراد بود. برنامه تمرین شامل حرکت اکستنشن زانو بود که با محدودیت شدن جریان خون در هر دو پا توسط یک کمربند الاستیک، انجام شد. شدت تمرین ۲۰ درصد 1RM بود. ابتدا آزمودنی‌ها ۳۰ تکرار را بدون استراحت انجام دادند و پس از ۲۰ ثانیه استراحت، سه ست را تا زمان خستگی ادامه دادند. تمام تمرینات در عصر و حداقل ۴

ساعت بعد از آخرین وعده غذایی انجام شد. نتایج نشان داد که ضربان قلب و فشار خون در طول تمرین مقاومتی BFR به طور معناداری در مقایسه با تمرین مقاومتی بدون BFR بالاتر بود [۵۰].

رنزی و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر پیاده‌روی با محدودیت جریان خون را بر عملکرد قلبی-عروقی بررسی کردند. در این تحقیق ۱۷ نفر (۱۱ مرد و ۶ زن) سالم و غیرفعال با دامنه سنی ۱۹ تا ۳۴ سال به عنوان آزمودنی انتخاب شدند. داشتن فشار خون و وزن طبیعی، نداشتن بیماری‌های قلبی-عروقی و عدم استعمال سیگار از شرایط انتخاب آزمودنی‌ها بود. برنامه تمرین شامل ۵ ست ۲ دقیقه‌ای پیاده‌روی بر روی تردمیل با سرعت ۲ مایل بر ساعت و با یک دقیقه استراحت بین هر ست با محدودیت جریان خون در هر دو پا بود. نتایج نشان داد که ضربان قلب و فشار خون به هنگام تمرین BFR افزایش معناداری داشت؛ در حالی که حجم ضربه‌ای به طور معناداری کاهش یافت [۱].

روسو و همکاران (۲۰۱۱) اثر یک جلسه تمرین مقاومتی BFR را بر فشار خون بعد از تمرین بررسی کردند. در این تحقیق ۱۰ مرد جوان فعال با میانگین سنی ۱۸ تا ۳۵ سال بطور تصادفی انتخاب شدند. برنامه تمرین شامل سه مرحله تمرین مقاومتی با شدت بالا (۷۰ درصد 1RM، ۳ ست با ۱۰ تکرار و ۱ دقیقه استراحت بین ست‌ها)، مرحله تمرین مقاومتی با شدت کم (۲۰ درصد 1RM، ۳ ست با ۱۵ تکرار و ۳۰ ثانیه استراحت بین ست‌ها) و مرحله تمرینات مقاومتی BFR با شدت کم (۲۰ درصد 1RM، ۳ ست با ۱۵ تکرار و ۳۰ ثانیه استراحت بین ست‌ها و با فشار ۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر جیوه فشار کاف) بود. حرکات انجام شده در هر ۳ مرحله تمرینی شامل فلکشن و اکستنشن زانو در حال نشسته و فلکشن کف پا در حالت نشسته بود. فشار خون قبل و تقریباً ۳۰ و ۶۰ دقیقه بعد از تمرین اندازه‌گیری شد. نتایج تحقیق نشان دهنده کاهش معنادار فشار خون سیستولیک پس از مرحله تمرین مقاومتی با شدت بالا بود. نتایج همچنین نشان داد که ۶۰ دقیقه بعد از مرحله تمرین مقاومتی با شدت بالا، فشار خون سیستولیک کاهش معناداری یافت و ۶۰ دقیقه بعد از مرحله تمرین مقاومتی با شدت کم، در فشار خون دیاستولیک افزایش معناداری مشاهده شد. ضربان قلب ۳۰ دقیقه بعد از مرحله تمرین مقاومتی با شدت بالا در مقایسه با قبل از تمرین افزایش یافت و اگرچه ۶۰ دقیقه بعد از

تمرین در مقایسه با ۳۰ دقیقه کاهش یافت؛ اما در مقایسه با قبل از تمرین هنوز در سطح بالاتری قرار داشت. کاهش ضربان قلب بعد از ۶۰ دقیقه در مرحله تمرین مقاومتی با شدت بالا، کمتر از مراحل دیگر بود. محققان اظهار داشتند، برای کاهش فشار خون تمرینات مقاومتی با شدت بالا مفیدتر از تمرینات مقاومتی کم شدت حتی با محدودیت جریان خون است [۸۲].

ازاکی و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی تحت عنوان تأثیر تمرینات مقاومتی با شدت بالا و بدون BFR و تمرین مقاومتی کم شدت BFR را بر فشار خون هنگام تمرین بررسی کردند. در این تحقیق ۱۹ مرد جوان با وزن و فشار خون نرمال و دامنه سنی ۲۲-۳۲ سال شرکت کردند. شرکت کنندگان حداقل ۶ ماه قبل از آغاز تحقیق در تمرینات مقاومتی بطور منظم شرکت نکرده بودند. آزمودنی‌ها به طور تصادفی در دو گروه تمرین مقاومتی با شدت بالا (۷۵ درصد 1RM، ۳ ست با ۱۰ تکرار در هر ست و ۲-۳ دقیقه استراحت بین ست‌ها) و تمرین مقاومتی کم شدت BFR (۳۰ درصد 1RM، ۷۵ تکرار شامل یک ست ۳۰ تایی و ۳ ست ۱۵ تایی با ۳۰ ثانیه استراحت بین ست‌ها) قرار گرفتند. هر دو گروه تمرینی، حرکت پرس سینه بر روی نیمکت مسطح را سه روز در هفته به مدت ۶ هفته انجام دادند. فشار کاف در اولین روز تمرین ۱۰۰ میلی‌متر جیوه بود که با افزایش ۱۰ میلی‌متر جیوه در هر جلسه، فشار در آخرین جلسه به ۱۶۰ میلی‌متر جیوه رسید. فشار شریانی قبل و ۳ روز بعد از آخرین جلسه تمرین اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که پس از ۶ هفته تمرین پذیرش شریان سرخرگی فقط در گروه تمرین مقاومتی با شدت بالا بطور معناداری کاهش یافت اما در گروه LI-BFR این تغییرات مشاهده نشد. تغییر معناداری در فشار خون بازویی گروه‌ها مشاهده نشد [۴۹].

۲-۳-۲- تأثیر تمرینات BFR بر سطح هورمون‌های GH، IGF-1 و کورتیزول

تاکارادا و همکاران (۲۰۰۰) در تحقیقی تحت عنوان تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون (BFR)، باعث افزایش سریع میزان هورمون رشد پلازما بعد از یک جلسه تمرین می‌شود؛ ۶ ورزشکار مرد جوان ۲۰-۲۲ ساله را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق، تمرین اکستنشن زانو به صورت نشسته

انجام شد که طی آن ناحیه پروگزیمال ران در طول تمرین با استفاده از کاف بادی با فشار ۲۱۴ میلی-متر جیوه بسته شد. تمرین با شدت ۲۰ درصد 1RM در ۵ ست با ۱۴ تکرار انجام شد. تمرین در هر ست تا حد واماندگی انجام شد. نمونه خونی قبل و بلافاصله پس از اتمام تمرین که کاف باز شد؛ ۱۵، ۴۵ و ۹۰ دقیقه و همچنین ۲۴ ساعت پس از تمرین گرفته شد. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که غلظت GH بعد از تمرین BFR به طور قابل توجهی افزایش یافت. این در حالیست که پس از پایان تمرین با همان شدت و حجم اما بدون BFR، تغییر معناداری در سطح GH مشاهده نشد. غلظت GH ۱۵ دقیقه بعد از تمرین به نقطه اوج رسید. محققان نتیجه‌گیری کردند که تمرین BFR می‌تواند پاسخ‌های قابل توجهی در غدد درون ریز حتی در شدت بسیار پایین ایجاد نماید [۵۷] [۴۲].

تاکارادا و همکاران (۲۰۰۲) تحقیقی تحت عنوان تأثیر تمرین مقاومتی BFR بر عملکرد عضله ورزشکاران انجام دادند. در این تحقیق ۱۷ بازیکن راگی مرد با میانگین سنی ۲۵/۴ سال به مدت هشت هفته تمرین قدرتی اکستنشن زانو را انجام دادند. ۶ آزمودنی تمرین BFR را با شدت ۵۰ درصد 1RM و ۶ نفر تمرین را با همان شدت اما بدون BFR انجام دادند. نتایج بیانگر افزایش قدرت و استقامت عضلانی فقط در گروه تمرین BFR بود [۵۳].

تاکارادا و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیقی تأثیر تمرین مقاومتی کم شدت BFR را بر عملکرد عضله بررسی کردند. در این تحقیق، آزمودنی‌ها به سه گروه تمرین مقاومتی کم شدت BFR، تمرین مقاومتی کم شدت بدون BFR و گروه BFR بدون تمرین تقسیم شدند. برنامه تمرین شامل حرکت اکستنشن زانو بود که به مدت هشت هفته انجام شد. نتایج تحقیق نشان داد که فقط در گروه تمرین مقاومتی BFR با شدت ۲۰ درصد 1RM افزایش معناداری در قدرت مشاهده شد. افزایش قدرت در دو گروه دیگر معنادار نبود [۲۷].

اب و همکاران (۲۰۰۵) در تحقیقی تأثیر دوهفته تمرین مقاومتی BFR را بر سطح سرمی IGF-1 و هایپرتروفی عضلانی بررسی کردند. در این مطالعه ۱۶ مرد سالم با میانگین سن ۲۳/۶ سال انتخاب شدند. تمام افراد شرکت کننده سبک زندگی فعالی داشتند. ۸ نفر از ۱۶ نفر سابقه فعالیت هوازی

داشتند؛ اما هیچ کدام از آزمودنی‌ها حداقل ۶ ماه قبل از آغاز مطالعه در تمرین مقاومتی منظم شرکت نکرده بودند. آزمودنی‌ها به طور تصادفی به دو گروه تمرین مقاومتی کم شدت BFR و گروه تمرین مقاومتی کم شدت بدون BFR تقسیم شدند و به مدت دو هفته زیر نظر مربی تمرین کردند. برنامه تمرین دو بار در روز (جلسات صبح و عصر، با فاصله‌ی زمانی حداقل ۴ ساعت بین جلسات)، هر جلسه سه ست، هر ست ۱۵ تکرار با ۳۰ ثانیه استراحت بین هر ست، با شدت ۲۰ درصد 1RM ۶ روز در هفته به مدت ۲ هفته اجرا شد. تمرین شامل دو حرکت چمپاتمه زدن و فلکشن پا با دستگاه ایزوتونیک بود. در طول تمرین مقاومتی BFR، یک کمربند الاستیک با طراحی ویژه به دور هر دو پا بسته شد. فشار در ابتدا ۱۶۰ میلی متر جیوه بود و هر روز ۱۰ میلی متر جیوه افزایش یافت تا به فشار نهایی ۲۴۰ میلی متر جیوه رسید. محققان اظهار داشتند که این مقدار فشار کاف برای محدود کردن جریان خون مناسب است. نتایج نشان داد سطح مقطع عضله به تدریج در گروه تمرین مقاومتی BFR افزایش یافت؛ اما در گروه بدون BFR تغییری در سطح مقطع عضله مشاهده نشد. افزایش حجم عضلات چهار سر و دوسررانی در گروه تمرین مقاومتی BFR قابل توجه اما در گروه تمرین مقاومتی بدون BFR بسیار ناچیز بود. حجم عضله سیرینی در گروه تمرین مقاومتی BFR افزایش یافت؛ اما در گروه تمرین مقاومتی بدون BFR بدون تغییر بود. در تمرین چمپاتمه، 1RM در هر دو گروه افزایش یافت؛ اما در حرکت فلکشن پا قدرت فقط در گروه تمرین مقاومتی BFR افزایش یافت. سطح سرمی IGF-1 پس از دو هفته تمرین فقط در گروه تمرین مقاومتی BFR به طور معناداری افزایش یافت. محققان نتیجه‌گیری کردند که افزایش قابل توجه قدرت و اندازه عضله اسکلتی و همچنین سطح سرمی هورمون IGF-1 پس از تمرینات مقاومتی کوتاه مدت، فقط در صورت محدود شدن جریان خون امکان‌پذیر است [۸].

تاکانو و همکاران نیز در سال (۲۰۰۵) در تحقیقی تأثیر تمرین مقاومتی کم شدت BFR یک جلسه‌ای را بر پاسخ‌های هورمونی بررسی کردند. در این مطالعه ۱۱ مرد میانسال ۲۶-۴۵ ساله شرکت کردند. داوطلبان تجربه تمرین مقاومتی نداشتند و عدم ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی و ریوی، عدم مصرف

داروی خاصی و نداشتن ورزشی منظم از شرایط انتخاب افراد بود. برنامه تمرین شامل حرکت اکستنشن زانو بود که با محدودیت شدن جریان خون در هر دو پا توسط یک کمربند الاستیک، انجام شد. شدت تمرین ۲۰ درصد 1RM بود. ابتدا آزمودنی‌ها ۳۰ تکرار را بدون استراحت انجام دادند و پس از ۲۰ ثانیه استراحت، سه ست را تا زمان خستگی ادامه دادند. تمام تمرینات در عصر و حداقل ۴ ساعت بعد از آخرین وعده غذایی انجام شد. قبل و ۳۰ دقیقه پس از اتمام تمرین، خونگیری انجام شد. نتایج نشان داد سطوح سرمی GH، نورآدرنالین، IGF-1 و سطح لاکتات خون هم اندازه گیری شدند. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که سطح لاکتات خون و سطح سرمی نورآدرنالین بعد از تمرین مقاومتی با و بدون BFR در مقایسه با قبل از تمرین به طور قابل توجهی افزایش یافت؛ اما افزایش در غلظت لاکتات پس از تمرین مقاومتی BFR خیلی بیشتر از تمرین بدون BFR بود. پس از تمرین مقاومتی BFR، سطوح سرمی GH و IGF-1 به طور قابل توجهی افزایش یافت. بر اساس نتایج این تحقیق، بین افزایش سطح GH با سطح نورآدرنالین و لاکتات ارتباط وجود ندارد [۵۰].

یاسودا و همکاران (۲۰۰۵) تحقیقی تحت عنوان افزایش سطح مقطع عضله بعد از دوهفته تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون مورد مطالعه قرار دادند. در این مطالعه ۵ مرد سالم که زندگی فعالی داشتند؛ داوطلب شرکت در تحقیق شدند. سه نفر از ۵ نفر (سن ۲۰-۴۷ سال و قد ۱۷۹-۱۶۴ سانتی متر) در گروه BFR و دو نفر (۲۳ و ۲۷ سال و ۱۷۳ و ۱۷۶ سانتی متر) در گروه بدون BFR به طور تصادفی تقسیم شدند. هیچ کدام از افراد، برنامه تمرین مقاومتی منظم را حداقل یک سال قبل از شروع تحقیق تجربه نکرده بودند. تمرین دو بار در روز، ۶ روز در هفته به مدت ۲ هفته انجام شد. تمرین شامل سه ست از تمرینات مقاومتی پایین تنه (چمپاتمه) با دستگاه ایزوتونیک و با شدت ۲۰٪ 1RM و استراحت بین هر ست ۳۰ ثانیه بود. در طول تمرین مقاومتی BFR، کمربند الاستیک دستگاه کاتسو با طراحی ویژه به دور هر دو پا بسته شد. فشار کاف برای گروه BFR ۱۶۰-۲۴۰ میلی‌متر جیوه در نظر گرفته شده بود. پس از دو هفته تمرین سطح مقطع عضله چهارسر ران با استفاده از بیوپسی عضلانی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که سطح مقطع عضله چهارسر ران در گروه

تمرین مقاومتی BFR بتدریج در طول دو هفته تمرین افزایش یافت؛ بطوریکه در پایان هفته دوم به میزان $7/8$ درصد افزایش نشان داد که به لحاظ آماری معنادار بود. این در حالیست که، سطح مقطع عضله در گروه بدون BFR فقط به میزان $1/8$ درصد تغییر کرد همچنین بیشترین تغییرات در فیبر عضلانی نوع (II) و در گروه BFR مشاهده شد. بر اساس نتایج این تحقیق هایپرتروفی عضلانی بخصوص فیبر عضلانی نوع (II) پس از تمرینات BFR رخ می‌دهد [۹۴].

در همان سال اب و همکاران (۲۰۰۵) در تحقیقی تأثیر پیاده‌روی با محدودیت جریان خون عضله ساق‌پا (تمرین پیاده روی کاتسو) را بر حجم و قدرت عضلانی بررسی کردند. در این مطالعه ۱۸ مرد جوان و سالم که زندگی فعالی داشتند؛ داوطلب شرکت در تحقیق شدند. هشت نفر از ۱۸ نفر در تمرینات هوازی منظم شرکت داشتند؛ اما هیچ کدام از افراد، برنامه تمرین مقاومتی منظم را حداقل یک سال قبل از شروع تحقیق تجربه نکرده بودند. آزمودنی‌ها بطور تصادفی به دو گروه تمرین پیاده-روی BFR و پیاده روی بدون BFR تقسیم شدند. تمرین دو بار در روز (جلسات صبح و بعد از ظهر، با حداقل فاصله ۴ ساعت بین جلسات)، ۶ روز در هفته به مدت ۳ هفته انجام شد. افراد پس از گرم کردن، ۵ ست ۲ دقیقه‌ای با سرعت ۵۰ متر در دقیقه با ۱ دقیقه استراحت بین ست‌ها بر روی تردمیل پیاده‌روی کردند. در طول سه هفته، سرعت و مدت زمان پیاده روی ثابت بود. فشار نهایی کاف در اولین روز تمرین ۱۶۰ میلی‌متر جیوه بود که هر روز به میزان ۱۰ میلی‌متر جیوه تا زمان رسیدن به فشار نهایی ۲۳۰ میلی‌متر جیوه افزایش یافت. تغییر فشار کاف در طول تمرین یکی از متغیرهای شدت تمرین و برای جلوگیری از ایجاد سازگاری است. نمونه خونی قبل از شروع تمرین و ۳ روز بعد از تمرین نهایی گرفته شد. نتایج تحقیق نشان داد که سطح مقطع عضله در گروه پیاده‌روی BFR بتدریج در طول سه هفته تمرین افزایش یافت؛ بطوریکه در پایان هفته سوم به میزان ۶ درصد افزایش نشان داد که به لحاظ آماری معنادار بود. این در حالیست که، سطح مقطع عضله در گروه پیاده‌روی بدون BFR تغییر نکرد. نتایج همچنین نشان داد که افزایش 1RM حرکات پرس پا و جلو پا پس از ۳ هفته تمرین، فقط در گروه پیاده‌روی BFR معنادار بود. محققان تغییری در سطوح سرمی هورمون‌های

IGF-1, GH و غلظت کورتیزول در هیچ کدام از گروه‌ها مشاهده نکردند. از اینرو، آنها نتیجه گرفتند که پیاده‌روی BFR به مدت ۳ هفته و روزی ۲ جلسه حجم و سطح مقطع عضله ران را مستقل از تغییرات هورمونی در مردان جوان را افزایش می‌دهد [۳۳].

ریوویس و همکاران (۲۰۰۶) پاسخ‌های هورمونی را پس از تمرین مقاومتی کم شدت BFR و تمرین مقاومتی شدید و بدون BFR مقایسه کردند. در این مطالعه ۸ فرد سالم با میانگین سنی ۲۱ سال سه سه برنامه مقاومتی BFR (با شدت ۳۰ درصد IRM)، تمرین مقاومتی بدون BFR (با شدت ۷۰ درصد IRM)، و گروه بدون BFR و بدون تمرین انجام دادند. قبل از تمرین، بلافاصله و ۱۵ دقیقه بعد از تمرین در هر یک از شرایط تمرینی، نمونه‌های خونی گرفته شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که سطح لاکتات خون در گروه‌های تمرین مقاومتی BFR و تمرین مقاومتی بدون BFR در مقایسه با قبل از تمرین به طور قابل توجهی افزایش یافت. سطح GH در گروه تمرین مقاومتی BFR بلافاصله بعد از تمرین ۴ برابر نسبت به قبل تمرین افزایش یافت؛ اما در دو گروه دیگر تغییر قابل توجهی در سطح GH مشاهده نشد. سطح سرمی هورمون کورتیزول در هیچ کدام از گروه‌ها پس از تمرین تغییر نکرد [۹۸].

فوجیتا و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی تأثیر محدود کردن جریان خون را در تمرین مقاومتی با شدت پایین بر فسفوریلاسیون S6K1 و سنتز پروتئین عضله بررسی کردند. در این تحقیق ۶ مرد جوان با میانگین سن 32 ± 2 سال دو شرایط تمرینی مجزا را تجربه کردند. تمام افراد سالم و از نظر فیزیکی فعال بودند و در طول دوره تمرین این تحقیق در برنامه تمرینی دیگری درگیر نبودند. شرایط تمرین شامل ۷۵ تکرار اکستنشن زانو با ۲۰ درصد IRM (یک ست ۳۰ تکراری و سه ست با ۱۵ تکرار و فاصله استراحتی ۳۰ ثانیه‌ای بین هر ست) با محدودیت جریان خون بود. فشار کاف که برای محدود کردن جریان خون به انتهای فوقانی هر دو ران، بسته شده بود، ۲۰۰ میلی متر جیوه بود. در شرایط تمرینی دیگر، همان برنامه تمرینی بدون بستن کاف و محدودیت جریان خون انجام شد. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که غلظت GH، کورتیزول و لاکتات خون بعد از شرایط تمرینی BFR در مقایسه

با شرایط کنترل بالاتر بود؛ اما تغییر قابل توجهی در سطح IGF-1 در هیچ کدام از شرایط تمرین مشاهده نشد. سنتز پروتئین عضله نیز ۳ ساعت بعد از شرایط تمرینی BFR در مقایسه با شرایط کنترل به طور قابل توجهی افزایش یافت [۲۸].

در سال (۲۰۰۸) مادارام و همکاران انتقال متقابل تمرینات مقاومتی BFR را مورد مطالعه قرار دادند. در این تحقیق ۱۵ مرد که سابقه تمرین مقاومتی نداشتند، به طور تصادفی انتخاب شدند و در دو گروه تمرین مقاومتی BFR (n=۸) و گروه تمرین مقاومتی بدون BFR (n=۷) قرار گرفتند. شدت تمرین در گروه تمرین مقاومتی بدون BFR ۵۰ درصد 1RM بود و برنامه تمرین شامل حرکات با یک دست و یک پا به مدت ۱۰ هفته، ۲ بار در هفته در ۳ ست با ۱۰ تکرار انجام شد. شدت تمرین در گروه تمرین مقاومتی BFR ۳۰ درصد 1RM بود و تفاوت برنامه تمرین دو گروه، فقط در تعداد تکرارها بود که در این گروه هر ست با ۱۵ تکرار انجام شد. نتایج تحقیق نشان داد که سطح مقطع عضلات ران فقط در گروه تمرین مقاومتی BFR به میزان قابل توجهی افزایش یافت. بعد از ۱۰ هفته تمرین، بین غلظت GH تفاوت معناداری بین دو گروه تمرینی مشاهده نشد [۹۶].

کارابولت و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر تمرین مقاومتی کم شدت BFR را بر قدرت عضلات پای مردان مسن انجام دادند. در این تحقیق ۳۷ مرد سالم با دامنه سنی ۶۴-۵۰ ساله شرکت کردند. آزمودنی‌ها در سه گروه تمرین مقاومتی با شدت ۸۰ درصد 1RM، گروه تمرین مقاومتی BFR با شدت ۲۰ درصد 1RM و گروه کنترل قرار گرفتند. برنامه تمرینی ۳ روز در هفته به مدت ۶ هفته انجام شد. نتایج تحقیق نشان داد که قدرت عضلات بالاتنه در هر دو گروه تمرین مقاومتی در مقایسه با گروه کنترل افزایش یافت. میزان افزایش قدرت عضلات پا در گروه تمرین مقاومتی با شدت ۸۰ درصد 1RM در مقایسه با گروه تمرین مقاومتی BFR با شدت ۲۰ درصد 1RM و گروه کنترل بیشتر بود. این درحالیست که، درصد افزایش قدرت عضلات پا در گروه تمرین مقاومتی BFR با شدت ۲۰ درصد 1RM نسبت به گروه کنترل به طور معناداری بیشتر بود. براساس این یافته‌ها، میزان افزایش قدرت پس از تمرینات مقاومتی کم شدت BFR و تمرینات مقاومتی شدید بدون BFR مشابه بود [۳۴].

اب و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر تمرین با دوچرخه با محدودیت جریان خون و شدت پایین بر حجم عضله ران و VO_{2max} را در مردان جوان بررسی کردند. در این تحقیق ۱۹ مرد جوان با دامنه سنی (۲۰-۲۶) سال شرکت کردند. شرکت کنندگان در این مطالعه از نظر جسمانی فعال بودند؛ اما هیچکدام از افراد در تمرینات هوازی و یا استقامتی-مقاومتی منظم (حداقل یک بار در هفته و حداقل یک سال قبل از آغاز مطالعه) شرکت نکرده بودند. آزمودنی‌ها پس از انتخاب، بطور تصادفی به دو گروه تمرین BFR با شدت ۴۰ درصد VO_{2max} و گروه تمرین بدون BFR با شدت ۴۰ درصد VO_{2max} تقسیم شدند. گروه BFR به مدت ۱۵ دقیقه و گروه بدون BFR به مدت ۴۵ دقیقه یک بار در روز، ۳ روز در هفته به مدت ۸ هفته تمرین کردند. نتایج تحقیق نشان داد که حجم عضله چهارسرران و استقامت هوازی در گروه تمرینی BFR افزایش یافت؛ اما هیچ تغییری در اندازه عضله و استقامت هوازی در گروه تمرینی بدون BFR مشاهده نشد. محققان نتیجه گرفتند که تمرین کوتاه مدت و کم شدت با دوچرخه همراه با محدودیت جریان خون می‌تواند باعث افزایش هایپرتروفی عضلانی و ظرفیت هوازی (استقامت هوازی) در مردان جوان گردد [۹۹].

ازاکی و همکاران (۲۰۱۱) تحقیقی تحت عنوان افزایش قدرت و حجم عضله‌ی ران در تمرین پیاده-روی با محدودیت جریان خون در افراد مسن بررسی کردند. در این تحقیق ۱۸ نفر از زنان کم تحرک سنین ۵۷-۷۳ سال بطور داوطلب شرکت کردند. شرکت کنندگان از طریق آگهی چاپ شده از این تحقیق مطلع شدند، و باید حداقل طی سه سال قبل، در هیچ برنامه آموزشی منظم شرکت نکرده باشند. داوطلبانی که سابقه‌ی مصرف دخانیات و مشروبات الکلی داشتند یا از مکمل‌های هورمون زنانه و داروهای تجویزی استفاده کرده‌اند از حضور در این مطالعه مستثنی شدند. تمام شرکت کنندگان از روشها، شیوه‌ها و خطرات کار آگاهی یافتند و رضایت نامه را امضا کردند. شرکت کنندگان به طور تصادفی به دو گروه تقسیم شدند: گروه تمرین پیاده‌روی BFR (۱۰ نفر) و گروه تمرین پیاده‌روی بدون BFR (۸ نفر). شرکت کنندگان در گروه‌های پیاده‌روی - BFR و پیاده‌روی بدون BFR (کنترل)، تمرین خود را پس از اندازه‌گیری ضربان قلب، بر روی تردمیل بمدت ۲۰ دقیقه با شدت تمرین HR_{max} ۴۵٪

آغاز کردند. برای تعیین HR_{max} برای هر شرکت کننده (سن- 220 ؛ HR_{max}) بکار گرفته شد. در گروه پیاده روی BRF میانگین سرعت تردمیل $4/5 \pm 0/0$ کیلومتر در ساعت و شیب $1/6 \pm 0/4$ درجه و در گروه پیاده روی CON (کنترل) میانگین سرعت تردمیل $4/4 \pm 0/1$ کیلومتر در ساعت و شیب $0/5 \pm 1/5$ درجه در نظر گرفته شد. تمرین چهار روز در هفته به مدت ۱۰ هفته اجرا شد. در تمام طول تمرین HR در ۵ دقیقه، ۱۰ دقیقه و ۱۵ دقیقه برای هر دو گروه پیاده روی BFR و CON ثبت شد. گروه پیاده روی BRF کمربندهای فشار $160-200$ mmHg را بر روی هر دو پایشان بستند. پس از تمرین، تصویربرداری تشدیدمغناطیسی طولی از بخش مقطعی عضله ران نشان داد حجم عضله ران و نیز حداکثر قدرت ایزومتریک این عضله در گروه تمرین پیاده روی BRF افزایش یافت، اما در گروه کنترل چنین نبود. در نتیجه، تمرین پیاده روی BRF سبب بهبود حجم و قدرت در عضله ران در زنان مسن می‌شود [۳۲].

در سال ۲۰۱۱ کارابولت و همکاران تأثیر تمرین مقاومتی با شدت بالا بدون محدودیت جریان خون و تمرین مقاومتی با شدت پایین و با محدودیت جریان خون را بر توده استخوانی مردان مسن گزارش کردند. در این تحقیق ۳۷ مرد بزرگسال به مدت شش هفته مورد بررسی قرار گرفتند. آزمودنی‌ها در سه گروه تمرین مقاومتی با شدت ۸۰ درصد 1RM، گروه تمرین مقاومتی BFR با شدت ۲۰ درصد 1RM و گروه کنترل قرار گرفتند. برنامه تمرینی ۳ روز در هفته به مدت ۶ هفته انجام شد. نتایج تحقیق نشان داد که غلظت سرمی آلکالین فسفات استخوان‌های بالانه و پا در هر دو گروه تمرین مقاومتی در مقایسه با گروه کنترل بطور معناداری افزایش یافت [۱۰۰].

ایدا و همکاران (۲۰۱۱) تحقیقی تحت عنوان تأثیر راه رفتن با محدودیت جریان خون بر ظرفیت وریدی در افراد سالخورده بررسی کردند. در این تحقیق ۱۶ زن با میانگین سن ۷۸-۵۹ سال در گروه‌های راه رفتن آهسته با BFR ($n=9$)، و گروه کنترل بدون فعالیت و BFR ($n=7$) به صورت تصادفی قرار گرفتند. داوطلبان فاقد اختلالات ارتوپدی بودند، همچنین افراد حداقل برای ۲ سال پیش از آغاز این مطالعه در فعالیت‌های استقامتی یا مقاومتی شرکت نکرده بودند. گروه BFR یک بار در روز، ۲۰

دقیقه، ۵ روز در هفته و به مدت ۶ هفته، به راه رفتن آهسته بر روی تردمیل (با سرعت ۶۷ متر بر دقیقه) پرداختند. سرعت راه رفتن و مدت آن در طول زمان تمرین ثابت باقی ماند. جریان خون در گروه BFR با استفاده از دستگاه Kaatsu محدود شد، فشار جهت محدودیت جریان خون mmHg ۱۴۰-۲۰۰ بر اساس مطالعات پیشین انتخاب شد. جریان خون حدود ۲۳ دقیقه (۲۰ دقیقه پیاده روی و ۳ دقیقه آماده سازی) در طول تمرین برای هر فرد محدود شد و فشار کمربند بلافاصله پس از اتمام هر جلسه‌ی تمرین تخلیه شد. قبل و بعد از ۶ هفته تمرین ویژگی‌های وریدی با استفاده از کرنش سنجی پلتیسموگرافی انسدادی وریدی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد، ۶ هفته راه رفتن آهسته با BFR در افراد مسن به طور معناداری ظرفیت وریدی را افزایش می‌دهد و راه رفتن آهسته با BFR می‌تواند روشی جدید، برای افزایش ظرفیت وریدی در زنان سالخورده باشد [۱۰۱].

ساکاماکاکی و همکاران (۲۰۱۱) تحقیقی تحت عنوان هایپرتروفی عضلات پاها و تنه به دنبال راه رفتن با محدودیت گردش خون در پاها بررسی کردند. در این تحقیق هفده جوان سالم که میانگین سن، قد و وزن آنها به ترتیب عبارتند از ۲۱/۲ سال، ۱/۷۴ متر و ۶۵/۸ کیلوگرم شرکت کردند. همه‌ی افراد شرکت کننده در تحقیق دارای فعالیت روزانه بودند، ۷ نفر از هفده نفر، بطور منظم در ورزش‌های هوازی، شنا، پیاده‌روی سریع شرکت داشتند اما هیچ یک از افراد به طور منظم حداقل یک سال قبل از شروع تحقیق در برنامه‌های تمرین مقاومتی، شرکت نداشتند. افراد بطور تصادفی به دو گروه تقسیم شدند: گروه راه رفتن با BFR (n=۹) و گروه کنترل راه رفتن بدون BFR (n=۸). افراد در هر دو گروه به مدت ۳ هفته بر روی تردمیل با سرعت ۵۰ m/min، ۵ ست دو دقیقه‌ای با یک دقیقه استراحت بین هر ست راه رفتند. سرعت راه رفتن و مدت آن در طول دوره‌ی تمرین ثابت باقی ماند. در گروه BFR دور ران توسط کاف با فشار ۱۶۰-۲۳۰ بسته شده بود. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد راه رفتن با محدودیت جریان خون باعث افزایش حجم عضلات می‌شود و از سوی دیگر هیچ تغییر قابل توجهی در حجم عضلات در راه رفتن بدون محدودیت جریان خون (گروه کنترل) دیده نشد. همچنین

ترکیب محدودیت جریان خون با راه رفتن آهسته صرفاً سبب افزایش حجم عضلات پای با BFR می-شود و افزایش حجم در عضلات بالاتنه بسیار کند و کم می‌باشد [۱۰۲].

کاخک و همکاران (۲۰۱۱) برای اولین بار در ایران، اثر تمرینات قدرتی سنتی را با تمرینات قدرتی همراه با محدود کردن جریان خون بر عملکرد عضلانی و استقامت قلبی - عروقی در دختران جوان مقایسه کرد. در این مطالعه ۴۳ دختر جوان و سالم با میانگین سن ۲۰ سال شرکت کردند. آزمودنی‌ها به طور تصادفی در سه گروه تمرین مقاومتی سنتی (با شدت ۸۰-۷۰ درصد 1RM)، گروه تمرین مقاومتی BFR (تمرین با شدت ۳۰-۲۰ درصد 1RM) و گروه کنترل قرار گرفتند. تمرین شامل سه حرکت اکستنشن زانو، پرس پا و هاک پا در ۴ ست تا حد خستگی به مدت ۸ هفته بود. قبل و بعد از تمرین، آزمون‌های قدرت عضلانی، استقامت عضلانی، توان بی‌هوازی، توان انفجاری و استقامت قلبی-عروقی گرفته شد. نتایج حاصل از تحقیق حاکی از افزایش معنادار قدرت عضلانی و استقامت عضلانی و توان انفجاری در گروه‌های تمرین در مقایسه با گروه کنترل بود. تفاوت معناداری در این متغیرها، بین گروه‌های تجربی مشاهده نشد. بین استقامت قلبی-عروقی و توان بی‌هوازی سه گروه تفاوت معناداری مشاهده نشد [۶۴].

یاسودا و همکاران (۲۰۱۱) تأثیر تمرینات مقاومتی کم شدت BFR و تمرینات مقاومتی شدت بالا بدون BFR را بر قدرت و اندازه توده عضلانی مقایسه کردند. در این تحقیق ۴۰ مرد با دامنه سنی ۲۲ تا ۳۲ سال شرکت کردند. ۱۲ نفر از افراد شرکت کننده در تحقیق، بطور منظم به تمرینات هوازی (مثل پیاده‌روی، دوچرخه‌سواری یا دویدن آهسته ۲-۳ بار در هفته تقریباً به مدت ۳۰ دقیقه) می-پرداختند و ۹ نفر تجربه انجام تمرینات مقاومتی را داشتند؛ اما افراد منتخب حداقل ۶ ماه قبل از شروع این تحقیق در تمرینات مقاومتی-استقامتی شرکت نکرده بودند. آزمودنی‌ها به طور تصادفی در ۴ گروه تمرین مقاومتی با شدت بالا (۷۵ درصد 1RM، ۳۰ تکرار شامل ۳ ست با ۱۰ تکرار و ۲-۳ دقیقه استراحت بین هر ست)، تمرین مقاومتی با شدت کم BFR (۳۰ درصد 1RM، ۴۵ تکرار شامل ۳ ست با ۱۵ تکرار و ۳۰ ثانیه استراحت بین هر ست)، تمرین ترکیبی تمرین مقاومتی با شدت بالا و

تمرین مقاومتی با شدت کم BFR (۱روز در هفته تمرین با شدت بالا و ۲ روز در هفته تمرین کم شدت BFR) و گروه کنترل قرار گرفتند. حجم تمرین (وزن وزنه و تعداد تکرارها) در تمام جلسات تمرین مشابه بود. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که بعد از تمرینات پرس سینه، 1RM در گروه‌های تجربی در مقایسه با قبل از تمرین افزایش یافت؛ اما بین 1RM قبل و بعد از تمرین در گروه کنترل تغییری مشاهده نشد. افزایش 1RM در هر دو گروه تمرین مقاومتی با شدت بالا و ترکیبی بیشتر از گروه‌های تمرین مقاومتی با شدت کم BFR و گروه کنترل بود. قدرت ایزومتریک (MVC) در گروه‌های تمرین مقاومتی با شدت بالا و ترکیبی افزایش یافت؛ اما در گروه کنترل و تمرین مقاومتی با شدت کم BFR افزایش معنادار نبود. سطح مقطع عضله سه سر بازو در هر دو گروه تجربی در مقایسه با قبل از تمرین بطور معناداری افزایش یافت. نتایج همچنین نشان داد که ترکیب تمرین مقاومتی با شدت کم BFR با تمرین مقاومتی با شدت بالا باعث افزایش قابل توجه قدرت گردید [۲۵].

یاسودا و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی تأثیر تمرینات مقاومتی درونگرا و برونگرای BFR را بر اندازه و قدرت عضله مورد مطالعه قرار دادند. در این مطالعه ۱۰ مرد جوان و سالم با میانگین سنی ۲۲ سال به طور داوطلبانه شرکت کردند. افراد حداقل یک سال قبل از شروع مطالعه در هیچ برنامه تمرین مقاومتی شرکت نداشتند. به منظور انجام تحقیق، آزمودنی‌ها به طور تصادفی دو برنامه تمرینی BFR با انقباض درونگرا را با یک دست و تمرین BFR با انقباض برونگرا را با دست دیگر و با بار یکسان انجام دادند. شدت و حجم تمرین برای انقباض درونگرای BFR، ۳۰ درصد 1RM و برای انقباض برونگرای BFR، ۱۰ درصد 1RM با ۷۵ تکرار (یک ست با ۳۰ تکرار و سپس ۳ ست ۱۵ تکرار با ۳۰ ثانیه استراحت بین ست‌ها) بود. حرکت جلو بازو تمرین مورد نظر در تحقیق بود که ۳ روز در هفته به مدت ۶ هفته انجام شد. نتایج نشان داد که در طول تمرین مقدار EMG برای عضله دوسر بازو در انقباض درونگرای BFR به طور فزاینده افزایش یافت. افزایش مقدار EMG، سطح مقطع و حجم عضله در انقباض درونگرای BFR بیشتر از در انقباض برونگرای BFR بود. ازاینرو محققان اظهار داشتند که

ماهیت انقباض و شدت تمرین در تمرینات BFR مهم‌ترین محرک برای هایپرتروفی عضله و ایجاد پاسخ هایپرتروفیک بشمار می‌روند [۱۰۳].

مانینی و همکاران (۲۰۱۲) تحقیقی تحت عنوان پاسخ هورمون رشد به یک جلسه تمرین مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون در مردان پیر و جوان بررسی کردند. در این تحقیق ده مرد جوان ($28 \pm 7/8$ سال) و ده مرد پیر ($67/4 \pm 4/6$ سال) به صورت داوطلبانه شرکت کردند. شرکت کنندگان حداقل ۶ ماه قبل از آغاز تحقیق در تمرینات مقاومتی بطور منظم شرکت نکرده بودند. افرادی که دارای فشار خون بالا و BMI بالاتر از ۳۰ بودند و یا از هر گونه دارو استفاده می‌کردند از تحقیق حذف شدند. تمرین در دمای کنترل شده‌ی اتاق و تحت نظارت پزشک انجام گرفت. افراد به دو گروه تقسیم شدند یک گروه در طول تمرین، تمرینات اکستنشن دو طرفه زانو را با $1RM$ ۸۰٪ بدون BFR و گروه دیگر همان تمرینات را با $1RM$ ۲۰٪ همراه با BFR تا زمان خستگی ارادی انجام دادند. میزان محدودیت جریان خون در بین افراد گروه BFR به اندازه‌ی ۱/۵ برابر فشار خون بازویی در هر فرد استاندارد سازی شد. نتایج تحقیق نشان داد سطح هورمون GH در یک جلسه تمرین مقاومتی در گروه BFR بالاتر از گروه بدون BFR در افراد جوان است [۱۰۴].

ازاکی و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی تحت عنوان تأثیر تمرینات مقاومتی با شدت بالا و بدون BFR و تمرین مقاومتی کم شدت BFR را بر قدرت عضلانی هنگام تمرین بررسی کردند. در این تحقیق ۱۹ مرد جوان با وزن و فشار خون نرمال و دامنه سنی ۲۲-۳۲ سال شرکت کردند. شرکت کنندگان حداقل ۶ ماه قبل از آغاز تحقیق در تمرینات مقاومتی بطور منظم شرکت نکرده بودند. آزمودنی‌ها به طور تصادفی در دو گروه تمرین مقاومتی با شدت بالا (۷۵ درصد $1RM$ ، ۳ ست با ۱۰ تکرار در هر ست و ۲-۳ دقیقه استراحت بین ست‌ها) و تمرین مقاومتی کم شدت BFR (۳۰ درصد $1RM$ ، ۷۵ تکرار شامل یک ست ۳۰ تایی و ۳ ست ۱۵ تایی با ۳۰ ثانیه استراحت بین ست‌ها) قرار گرفتند. هر دو گروه تمرینی، حرکت پرس سینه بر روی نیمکت مسطح را سه روز در هفته به مدت ۶ هفته انجام دادند. فشار کاف در اولین روز تمرین ۱۰۰ میلی‌متر جیوه بود که با افزایش ۱۰ میلی‌متر جیوه در هر

جلسه، فشار در آخرین جلسه به ۱۶۰ میلی متر جیوه رسید. اندازه سطح مقطع عضله، 1RM قبل و ۳ روز بعد از آخرین جلسه تمرین اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که اندازه سطح مقطع عضله و 1RM پس از ۶ هفته تمرین در هر دو گروه در مقایسه با قبل از تمرین افزایش یافت؛ اما تفاوت معناداری بین دو گروه مشاهده نشد [۴۹].

ورن بوم و همکاران (۲۰۱۳) تحقیقی تحت عنوان یک جلسه ورزش مقاومتی با شدت پایین (سبک) با و بدون محدودیت جریان خون، علامت دهی (سیگنالینگ) پروتئین و تعداد سلول‌های ماهواره‌ای (اقماری) را در عضله‌ی اسکلتی انسان افزایش می‌دهد، بررسی کردند. در این تحقیق شش نفر مرد و یک زن با میانگین سنی ۲۶ سال داوطلبانه شرکت کردند. کلیه‌ی افراد بطور منظم ورزش‌هایی از قبیل دو، دوچرخه سواری و اسکی را انجام داده بودند و ۳ نفر از افراد تجربه تمرین مقاومتی داشتند. افراد از خطرات آزمایش مطلع شدند و رضایت نامه شرکت در تحقیق را آگاهانه امضا کردند. افراد اکستنشن یک طرفه زانو را با ۳۰٪ 1RM با BFR بر روی یک پا اجرا کردند و سپس همان تعداد دوره را با پای دیگر بدون BFR تکرار کردند. برای محدود کردن جریان خون از فشار ۱۰۰mmHg برای آقایان ۹۰mmHg برای خانم‌ها استفاده شد. یک پا بطور تصادفی با BFR و پای دیگر بدون BFR تمرین داده شد و از آنجا که انسداد سبب کاهش تعداد تکرارها می‌شود پای BFR همیشه اول تمرین داده شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد تعداد سلول‌های ماهواره‌ای مثبت MRF در پای BFR افزایش پیدا کرد. علاوه بر آن فسفرسازی P70s6 K thr389 و P38 MAPK که بطور مثبت می‌تواند بر روی مسیر mTOR-p70s6k تاثیر بگذارد در پای BFR افزایش یافت، اما در پای بدون BFR این اتفاق رخ نداد [۱۰۵].

کیم و همکاران (۲۰۱۴) تاثیر یک جلسه تمرین مقاومتی کم شدت BFR را بر سطح هورمون رشد و کورتیزول در زنان بررسی کردند. در این تحقیق ۱۳ زن سالم با دامنه سنی ۱۸-۲۵ سال شرکت کردند. آزمودنی‌ها چهار ماه قبل از شروع تحقیق در تمرینات مقاومتی منظم شرکت نداشتند. آزمودنی‌ها یک جلسه تمرین مقاومتی کم شدت BFR (۲۰ درصد 1RM) را به شکل یک ست ۳۰

تایی و ۲ ست ۱۵ تایی و یک جلسه تمرین مقاومتی با شدت بالا بدون BFR (۸۰ درصد IRM) را در ۳ ست ۱۰ تایی در روزهای جداگانه انجام دادند. حرکات پرس پا و اکستنشن زانو برای تمرین در نظر گرفته شد. سطح سرمی GH و کورتیزول، قبل و بعد از تمرین در هر دو جلسه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که سطح GH و کورتیزول در هر دو جلسه تمرین در مقایسه با قبل از تمرین بطور معناداری افزایش یافت و پاسخ هورمونی به هر دو برنامه تمرین مشابه بود [۹۷].

عنابستانی و همکاران (۲۰۱۴) اثر تمرینات ترکیبی با محدودیت و بدون جریان خون را بر عوامل منتخب آمادگی جسمانی زنان یائسه مقایسه کردند. در این مطالعه ۲۸ زن یائسه غیر ورزشکار شهرستان سبزوار انتخاب و به طور تصادفی در سه گروه کنترل ($n=10$)، تمرینات مقاومتی - هوازی BFR ($n=9$)، با شدت ۲۰-۳۰ درصد IRM)، تمرینات مقاومتی-هوازی بدون BFR ($n=9$)، با شدت ۸۰-۶۵ درصد IRM) قرار گرفتند. هر دو گروه تجربی، برنامه تمرین را به مدت هشت هفته و هر هفته سه جلسه انجام دادند. برنامه تمرین مقاومتی شامل حرکت اکستنشن زانو در سه ست تا حد خستگی انجام شد. تمرین هوازی شامل تمرین ایروبیک به مدت ۱۰ دقیقه برای هر تجربی انجام شد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد هر دو نوع برنامه تمرین ترکیبی باعث افزایش معنادار قدرت و استقامت عضلانی و همچنین بهبود عملکرد استقامت قلبی-عروقی در مقایسه با گروه کنترل شد و بین دو گروه تجربی تفاوت معناداری مشاهده نشد [۱۰۶].

ازاکی و همکاران (۲۰۱۴) تحقیقی تحت عنوان تاثیر راه رفتن با محدودیت جریان خون پا بر روی علامت دهی mTOR و MAPK در مردان جوان بررسی کردند. شش مرد جوان (میانگین سن: 22 ± 1 سال، وزن: $67 \pm 2/4$ کیلوگرم، قد: $1,73 \pm 0,02$ متر) برای شرکت در این مطالعه داوطلب شدند. شرکت کنندگان حداقل یک سال قبل از اجرای این تحقیق در برنامه ورزشی منظم شرکت نکرده بودند، افراد غیر سیگاری بودند و هیچ دارویی مصرف نمی‌کردند. شرکت کنندگان از روش‌ها، شیوه‌ها و خطرات احتمالی آگاهی پیدا کردند و قبل از شرکت در مطالعه رضایت‌نامه را بطور آگاهانه امضا کردند. مطالعه فعلی از سه آزمون زیر تشکیل شده بود: (۱) تست ورزش بیشینه برای تعیین

حداکثر توان هوازی (VO_{2max})، (۲) تست ورزش زیر بیشینه برای تعیین شدت راه رفتن و (۳) تست ورزش اصلی با نمونه های عضلانی قبل و بعد از راه رفتن در شدت از قبل تعیین شده. در تست ورزش اصلی، BFR تنها برای یک پا به طور تصادفی به کار رفت (پا - BFR)، پای بعدی (پا CON) در نظر گرفته شد. در ابتدا هر شرکت کننده پیش از تست آزمون اصلی دو بار در هفته در آزمایشگاه حضور یافت و دو تست تمرین مقدماتی که در بالا بیان شد را انجام داد (تست های ورزشی بیشینه و زیر بیشینه). سه روز قبل از تست ورزش اصلی تمام شرکت کنندگان از شرکت در انجام فعالیت های جسمانی سخت منع شدند. یک روز قبل از انجام تست ورزش اصلی به آنها یک وعده استاندارد شام بین ساعت ۸ تا ۹ در محیط آزمایشگاه خورانده شد پس از نهار شرکت کنندگان اجازه داشتند فقط تا پایان آزمایش یک لیوان آب بنوشند. صبح روز بعد افراد در آزمایشگاه در حالت ناشتا در حالی که به پشت استراحت می کردند. پس از سی دقیقه استراحت آرام اولین نمونه خون وریدی (در حالت استراحت) گرفته شد و نمونه عضلانی از بخش پهن باسن (برآمدگی) پای کنترل گرفته شد. پس از یک ساعت استراحت شرکت کنندگان راه رفتن بر روی تردمیل را با شدت ۵۰ درصد VO_{2max} آغاز نمودند. بلافاصله پس از ورزش در حالت دراز کش نمونه گیری دوم خون از آنان نیز گرفته شد. بعد از این نمونه های خونی در ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه پس از تمرین در موقعیت به پشت خوابیده گرفته شد. در نهایت پس از سه ساعت از انجام ورزش نمونه بعدی عضله (سه ساعت بعد) از هر پا به دست آمد. نمونه عضلانی از تزریق دو تا سه سانتی متری دورتر از تزریق نمونه اول بدست آمد این کار توسط پزشک انجام شد. همه ی بافت های عضلانی در نیتروژن مایع منجمد و در ۸۰- درجه تا زمان تجزیه نگهداری شدند. غلظت سرمی هورمون رشد (GH) در آزمایشگاه مورد سنجش قرار گرفت. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد، غلظت سطح سرمی هورمون GH و فسفوریلاسیون S6K1 در پای BFR نسبت به پای CON، بالاتر بود [۱۰].

محمدی و همکاران (۲۰۱۵) تحقیقی تحت عنوان تأثیر تمرین مقاومتی کم شدت با جریان خون محدود شده بر سطح سرمی هورمون کورتیزول مردان جوان بررسی کردند. ۳۰ مرد جوان سالم با

دامنه سنی ۱۹-۲۴ سال که داوطلب شرکت در مطالعه شدند، به عنوان نمونه آماری انتخاب شدند و به طور تصادفی در سه گروه تمرین مقاومتی کم شدت BFR (با شدت ۲۰ درصد IRM، ۱ ست ۳۰ تکرار و ۲ ست ۱۵ تکرار)، تمرین مقاومتی شدید بدون BFR (سه ست ۱۰ تکرار با شدت ۸۰ درصد IRM) و کنترل قرار گرفتند. هر دو گروه تمرینی هفته‌ای سه روز تمرینات اسکوات و جلوپا را به مدت سه هفته انجام دادند. سطح سرمی کورتیزول قبل و بعد از تمرین صبح و در حالت ناشتا اندازه‌گیری شد. تحلیل داده‌ها نشان داد بین سطوح سرمی کورتیزول گروه تمرین BFR و گروه تمرین مقاومتی بدون BFR با گروه کنترل اختلاف معناداری مشاهده شد. تمرین مقاومتی با و بدون BFR باعث افزایش معنی‌دار سطح سرمی کورتیزول در مقایسه با مقادیر پیش از تمرین شد. [۱۰۷].

۲-۴- جمع‌بندی

به‌طور کلی بر اساس نتایج پژوهش‌های انجام گرفته، افزایش اندازه و قدرت عضلانی پس از تمرینات مقاومتی، به حجم تمرین بستگی دارد. بر اساس شواهد پژوهشی، تمرین مقاومتی با شدت بالا، یعنی تقریباً ۸۰ درصد IRM باعث افزایش بهینه قدرت عضلانی می‌شود. این شدت تمرین مقاومتی، برای ایجاد تغییر در هورمون‌های مربوط به تغییر قدرت و اندازه عضله نیز ضروریست. اگرچه تمرینات مقاومتی با شدت بالا (بیشتر از ۸۰ درصد IRM) برای پیشگیری از کاهش توده عضلانی در برنامه‌های مربوط به کاهش وزن مرتبط با سلامتی توصیه می‌شود؛ اما این تمرینات با عوارض متعددی از قبیل آسیب‌های بافتی و مفصلی، التهاب (تورم) و کاهش کامپلیانس شریان مرکزی همراه است. لذا تمرینات مقاومتی با شدت بالا برای برخی از افراد بویژه سالمندان و بیماران قلبی-عروقی دارای محدودیت‌های اجرایی است. اخیراً محققان در حیطة آمادگی جسمانی و توانبخشی شکل تازه‌ای از تمرینات را ارائه کرده‌اند که محدودیت اجرایی کمتری در مقایسه با تمرینات قدرتی با شدت بالا دارد و در عین حال اهدافی را که از تمرینات با شدت بالا انتظار می‌رود، برآورده می‌سازد.

این تمرینات که تمرین BFR نام دارند، به طور حیرت‌آوری در مدت زمان کوتاه باعث هایپرتروفی عضله و افزایش قدرت عضلانی می‌شود که میزان سازگاری پس از این تمرینات با سازگاری‌های ایجاد شده در اثر تمرینات مقاومتی با شدت بالا برابری می‌کند. بررسی ادبیات تحقیق مربوط به این تمرینات نشان می‌دهد تمرکز تحقیقات انجام گرفته اغلب بر تمرینات مقاومتی BFR با شدت ۲۰ تا ۳۰ درصد 1RM و به ویژه در مردان بوده است. فشار کاف برای محدود کردن جریان خون، حرکات ورزشی در تمرینات BFR و برنامه تمرینی گروه کنترل در تحقیقات مختلف متفاوت است. فشار کاف از ۱۰۰ میلی‌متر جیوه تا ۲۴۰ میلی‌متر جیوه متغیر بودند همچنین تمرینات یک جلسه ای نیز در این زمینه گزارش شده است. علاوه بر آن، در اصل برای محدود یا مسدود کردن جریان خون در این تمرینات که برای اولین بار در ژاپن اجرا شد، دستگاه مخصوصی بنام دستگاه کاتسو وجود دارد. اما مطالعه پیشینه تحقیق نشان داد که بجای این دستگاه از دستگاه تورنیکت جراحی، باند کشی و کمربندهای الاستیک نیز برای محدود کردن جریان خون استفاده شده است. اخیراً در بررسی تأثیر شدت‌های مختلف تمرین BFR، راه رفتن به عنوان تمرینی با شدتی پایین‌تر از تمرینات مقاومتی مورد توجه قرار گرفته است نتایج مطالعات نشان می‌دهد که تمرینات BFR حتی با شدت کمتر از ۲۰٪ 1RM مانند راه رفتن، می‌توانند سنتز پروتئین عضله را افزایش دهد.

در بررسی متغیرهای وابسته تحقیقات مربوط به BFR، مشاهده شد که بیشتر مطالعات تأثیر این تمرینات را بر قدرت و سطح مقطع عضله مورد مطالعه قرار داده‌اند و در زمینه تأثیر این تمرینات بر عوامل همودینامیک و هورمونی مطالعات محدودی وجود دارد و نتایج همین مطالعات محدود در زمینه تأثیر تمرینات BFR بر عوامل هورمونی متناقض و مکانیسم تأثیر آن ناشناخته است. با بررسی دو مطالعه انجام شده در داخل کشور نیز محقق تاکنون موفق به یافتن مطالعه‌ای دال بر تأثیر این تمرینات بر عوامل هورمونی و همودینامیک نشد. از اینرو، در تحقیق حاضر تأثیر یک جلسه راه رفتن روی تردمیل بر سطح سرمی برخی هورمون‌ها و عوامل همودینامیک در دختران جوان مورد بررسی قرار می‌گیرد.

فصل سوم

روش شناسی پژوهش

۳-۱- مقدمه

فصل سوم شامل روش پژوهش، جامعه و نمونه آماری، مراحل انجام کار، آنالیز آزمایشگاهی و روش‌های آنالیز آماری داده‌های پژوهش می‌باشد. جزئیات دقیق اجرای کار به تفصیل توضیح داده می‌شود.

۳-۲- روش تحقیق

در این تحقیق که از نوع نیمه تجربی و طرح تقابلی از نوع پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل است، تغییرات حاصل از اجرای دو برنامه مداخله‌ای شامل یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با BFR و یک جلسه راه رفتن روی تردمیل بدون BFR بر سطح سرمی برخی هورمون‌ها و عوامل همودینامیک مورد بررسی قرار گرفت.

۳-۳- جامعه و نمونه تحقیق

جامعه آماری تحقیق حاضر ۴۲ دانشجوی دختر تربیت بدنی دوره‌ی کارشناسی دانشگاه شاهرود بودند که در نیمسال دوم سال ۹۴-۱۳۹۳ واحد تربیت بدنی (۱) را اخذ کرده بودند. در ابتدا، پس از هماهنگی با استاد درس آمادگی جسمانی دانشکده‌ی تربیت بدنی و کسب مجوز حضور در کلاس، فراخوان مربوط به تحقیق بصورت شفاهی به جامعه آماری اعلام گردید. شرایط حضور در تحقیق، نداشتن سابقه فشار خون بالا و اضافه وزن، عدم آسیب در ناحیه پایین تنه، عدم مصرف دارو و یا مکمل‌های هورمون زنانه و نیروزا و سایر عوامل خطرزای بیماری‌های قلبی-عروقی به تشخیص پزشک متخصص و براساس مدارک پزشکی در یک آزمایش تشخیصی بود. همچنین آزمودنی‌ها حداقل ۶ ماه قبل از شروع تحقیق، به صورت منظم در تمرینات مقاومتی شرکت نکرده بودند [۸،۲۵،۴۹]. ۱۵ روز پس از اعلام فراخوان، ۳۰ دانشجو که داوطلب همکاری با پژوهش حاضر شدند و شرایط لازم را برای حضور در مطالعه داشتند، پس از انجام مصاحبه حضوری و بررسی سوابق پزشکی به روش نمونه‌گیری هدفمند به عنوان نمونه آماری انتخاب شدند.

۳-۴- روش اجرای تحقیق

ابتدا طی جلسه‌ای، آزمودنی‌ها با نوع طرح، اهداف و روش اجرای آن بطور کتبی و شفاهی آشنا شدند. به آزمودنی‌ها اطمینان داده شد که اطلاعات دریافتی از آنها کاملاً محرمانه خواهد ماند و جهت بررسی داده‌ها از روش کدگذاری استفاده خواهد شد. همچنین به آنها اجازه داده شد تا در صورت عدم تمایل به ادامه همکاری، انصراف دهند. تمام شرکت‌کنندگان از روشها، شیوه‌ها و خطرات احتمالی آگاهی یافتند. پس از تأیید موضوع در شورای پژوهشی دانشگاه، آزمودنی‌ها آگاهانه فرم رضایت نامه کتبی را امضا کردند و پرسشنامه‌های اطلاعات شخصی، سوابق پزشکی و ورزشی را پر کردند. در تحقیق حاضر اصول مندرج در اعلامیه هلسینکی و ضوابط اخلاق پزشکی بطور کامل رعایت شده است. یک هفته پیش از آغاز تحقیق، شرکت‌کنندگان با دستگاه تردمیل، تورنیکت و چگونگی نحوه‌ی اجرای پروتکل ورزشی، سرعت راه رفتن و فشار تمرین آشنا شدند. قبل از اجرای برنامه ورزشی برای تعیین غلظت سرمی هورمون‌های GH، IGF-1 و کورتیزول نمونه‌های خونی از آزمودنی‌ها گرفته شد. طی چند جلسه پیش از شروع برنامه ورزشی، اندازه‌های آنتروپومتریک شامل سن، قد، وزن و نمایه توده بدن (BMI) و اندازه دور ران اندازه‌گیری شدند. قبل از اجرای برنامه ورزشی و ۲۰ دقیقه پس از پایان برنامه ورزشی متغیرهای عوامل همودینامیک شامل ضربان قلب زمان استراحت (HR)، فشارخون سیستولی (SBP)، دیاستولی (DBP) اندازه‌گیری شدند. آزمودنی‌ها به طور تصادفی در سه گروه: ۱- راه رفتن روی تردمیل با BFR (۱۰ نفر)، ۲- گروه راه رفتن روی تردمیل بدون BFR (۱۰ نفر) و ۳- گروه کنترل BFR و بدون راه رفتن (۱۰ نفر) قرار گرفتند. پس از اخذ مجوز از ریاست بیمارستان امام حسین (ع) شهر شاهرود و هماهنگی با واحدهای پزشکی هسته‌ای، اتاق عمل (جهت خروج دستگاه تورنیکت از اتاق عمل و انتقال آن به واحد پزشکی هسته‌ای) و آزمایشگاه، دانشجویان جهت اجرای پروتکل ورزشی در بیمارستان امام حسین (ع) حاضر شدند. بلافاصله پس از اتمام جلسه ورزش، ابتدا سطوح سرمی هورمون‌های مورد نظر اندازه‌گیری و سپس ۲۰ دقیقه پس از پایان برنامه ورزشی

فشارخون با استفاده از فشارسنج عقربه‌ای و گوشی پزشکی توسط پزشک حاضر در جلسه اندازه‌گیری شد و فشار خون سیستولیک و دیاستولیک ثبت گردید [۱۰۸]. به منظور اندازه‌گیری ضربان قلب آزمودنی‌ها ۲۰ دقیقه بعد از ورزش، از دستگاه ضربان سنج پولار استفاده شد [۱۰۹، ۱۱۰]. پس از اندازه‌گیری عوامل همودینامیک کلیه‌ی اندازه‌های آنتروپومتریکی بجز قد مجدداً تکرار شدند. دور ران توسط متر نواری غیر قابل ارتجاع در حجم‌ترین بخش ران اندازه‌گیری شد.

۳-۵- برنامه‌های مداخله‌ای برای گروه‌های تجربی

۳-۵-۱- برنامه ورزش راه رفتن روی تردمیل با BFR

برنامه ورزش راه رفتن با BFR، شامل ۱۵ دقیقه گرم کردن، اجرای ۵ مرحله‌ی ۲ دقیقه‌ای راه رفتن بر روی تردمیل با سرعت ۲ مایل بر ساعت و ۱ دقیقه استراحت بین هر مرحله و ۱۵ دقیقه سرد کردن بود. برای محدود کردن جریان خون بخش انتهایی فوقانی عضله ران در طول راه رفتن، توسط دستگاه تورنیکت جراحی با فشار ۱۴۰ میلی‌متر جیوه بسته شد [۲]. میزان کشش کاف دستگاه بحدی بود که باعث محدودیت جریان خون وریدی گردید.

۳-۵-۲- برنامه ورزش راه رفتن روی تردمیل بدون BFR

برنامه ورزش راه رفتن بدون BFR، شامل ۱۵ دقیقه گرم کردن، اجرای ۵ مرحله‌ی ۲ دقیقه‌ای راه رفتن بر روی تردمیل با سرعت ۲ مایل بر ساعت و ۱ دقیقه استراحت بین هر مرحله و ۱۵ دقیقه سرد کردن بود. برنامه ورزش این گروه دقیقاً مشابه گروه BFR، اما بدون محدودیت جریان خون بود. برنامه تمرین برای گروه‌های تجربی در پژوهش حاضر، با تغییرات جزئی از مطالعه اب و همکاران (۲۰۰۵) و رنزی و همکاران (۲۰۱۰) گرفته شده است [۱، ۸].

۳-۶- روش محدود کردن جریان خون

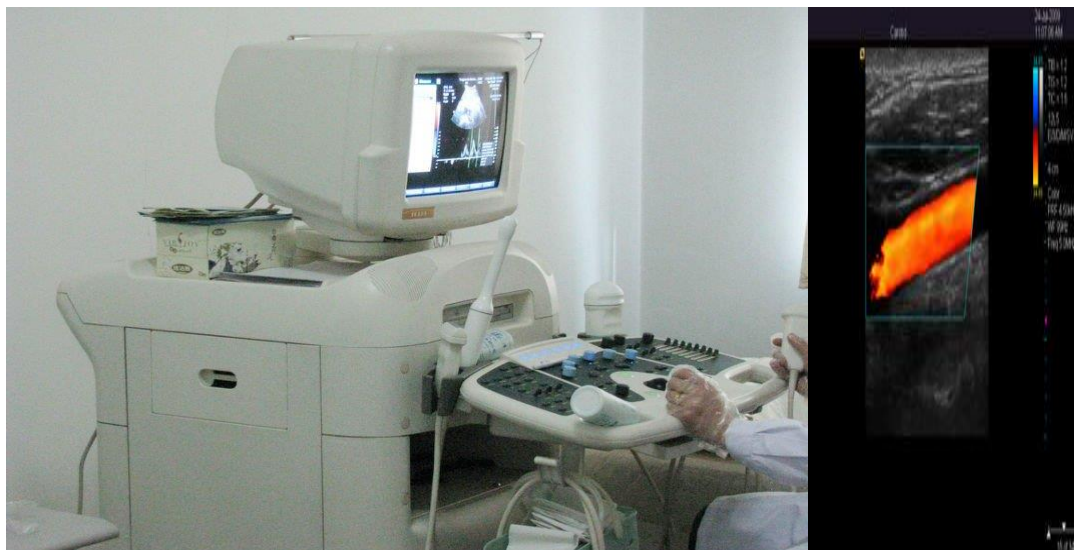
برای محدود کردن جریان خون از دستگاه تورنیکت جراحی مدل TK101A (ساخت کشور ایران) استفاده شد. میزان کشش کاف دستگاه بحدی بود که باید باعث محدودیت جریان خون وریدی می‌شد.



شکل ۳-۱- دستگاه تورنیکت جراحی مدل TK101A

برای اطمینان از محدود شدن جریان خون وریدی و تعیین میزان محدودیت جریان خون، چند نفر از آزمودنی‌ها با حجم ران و فنوتیپ متفاوت از دستگاه سونوگرافی عمومی کالر داپلر پزشکی مدل DC-6 MINDREY Co (ساخت کشور چین) استفاده شد. ارزیابی توسط سونوگرافی داپلر پس از ۱۰ دقیقه استراحت (جهت برقراری تعادل در سیستم گردش خون) در وضعیت ناشتا و به حالت دراز کشیده به پشت صورت گرفت [۱۱۱]. بررسی شریان در وضعیت طولی و در افراد لاغر و دارای جثه کوچک توسط پروب ۵ و در سایر افراد توسط پروب ۳/۵ مگاهرتز انجام شد [۱۱۲]. سونوگرافی داپلر برای اندازه‌گیری جریان خون و فشار خون استفاده می‌شود. طی این سونوگرافی از امواج صوتی با فرکانس بالا (اولتراسوند) استفاده می‌شود تا با گلبول‌های قرمز خون برخورد کنند و پس از بازگشت آن را به

صورت سونوگرافی داپلر نشان دهند. سونوگرافی داپلر می‌تواند سرعت جریان خون را اندازه‌گیری کند [۶۴]؛ (شکل ۳-۲). برای اطمینان از سلامتی آزمودنی‌ها، فشار خون قبل و بعد از جلسه ورزش و همچنین ۲۴ ساعت پس از پایان ورزش توسط پزشک اندازه‌گیری شد.



شکل ۳-۲ دستگاه کالر داپلر پزشکی مدل DC-6 MINDREY Co

متغیرهای قابل اندازه‌گیری توسط دستگاه سونوگرافی داپلر:

۱. نشان دادن لخته شدن خون
۲. عملکرد ضعیف وریدها در رگ پا (نارسایی‌های وریدی)
۳. نقص دریچه قلب و بیماری‌های مادرزادی قلبی
۴. نشان دادن انسداد شریانی
۵. کاهش گردش خون به پاها بیماری عروق محیطی

۳-۷- وسایل و ابزار اندازه‌گیری

- ترازو مارک سکا (ساخت کشور آلمان) با حساسیت ۰/۱ گرم
- متر نواری

- ضربان سنج پلار (Polar Xtrainer Plus) : این ضربان سنج‌ها شامل یک سنسور که بروی سینه بسته می‌شود و یک مانیتور مچی می‌باشد و بصورت وایرلس قادر به نشان دادن ضربان قلب می‌باشد. ضربان قلب آزمودنی‌ها ۲۰ دقیقه پس از اجرای پروتکل ورزشی بوسیله ضربان سنج پلار در مدت زمان یک دقیقه اندازه‌گیری شد.



شکل ۳-۳ دستگاه Polar Xtrainer Plus

- دستگاه فشارسنج عقربه‌ای و گوشی پزشکی: فشارسنج عقربه‌ای وسیله‌ای است فنردار که با استفاده از فشار هوا عقربه‌ای را روی صفحه مُدرجی حرکت می‌دهد که هر درجه‌ی آن نشانگر یک میلی‌متر جیوه است. این نوع فشارسنج ارزان و حملش نسبت به نوع جیوه‌ای راحت‌تر است. از این دستگاه برای اندازه‌گیری فشار خون قبل و ۲۰ دقیقه پس از اجرای پروتکل ورزشی استفاده شد. بدین ترتیب که فرد، در حالت نشسته و بازو در سطح قلب قرار گرفت سپس بازوبند را به گونه‌ای که لبه‌ی پایینی آن حدود ۲/۵ سانتی‌متر بالای حفره‌ی آرنج باشد بسته شد و دیافراگم گوشی پزشکی بالای شریان رادیال در بالای فضای آرنجی قرار گرفت، گوشی کاملاً و دورتادور به سطح پوست چسبیده بود چون صداهای شنیده شده (صداهای کورتکف) فرکانس نسبتاً پایینی دارند و با قسمت کاسه‌ی گوشی بهتر شنیده می‌شوند، سپس پیچ آزاد نمودن هوا در جهت عقربه‌های ساعت پیچیده شد و بازوبند تا ۱۶۰ میلی‌متر جیوه باد گردید، پیچ به آرامی خلاف جهت عقربه‌های ساعت باز شد و به دقت

صداها ثبت گردید. با شنیدن اولین صدا از گوشی پزشکی، مقدار فشاری که عقربه روی صفحه‌ی مدرج نشان داد به عنوان فشار خون سیستولی و با ادامه تخلیه‌ی هوای بازوبند، صداها آهسته و ضعیف می‌شدند تا زمانی که دیگر صدایی شنیده نمی‌شد. ناپدید شدن صداها به عنوان فشار دیاستولی ثبت گردید [۱۰۸]. در هر بار اندازه‌گیری برای هر فرد، باد داخل بازوبند ابتدا خالی می‌شد، سپس اندازه‌گیری صورت گرفت (شکل ۳-۴).



شکل ۳-۴ دستگاه فشارسنج عقربه‌ای و گوشی پزشکی

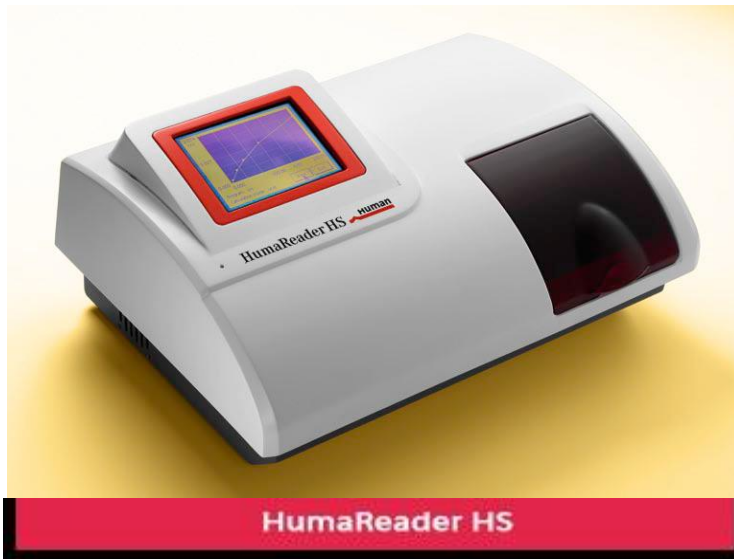
- دستگاه تردمیل مدل : Mod. 770 CE



شکل ۳-۵ دستگاه تردمیل

- سرنگ ۵ سی‌سی و پد الکلی

- دستگاه تورنیکت جراحی مدل TK101A برای محدود شدن جریان خون وریدی
- دستگاه کالر داپلر پزشکی مدل DC-6 MINDREY Co برای اطمینان از محدود شدن جریان خون وریدی
- دستگاه Elisa Reader مدل HumaReader HS برای آنالیز نمونه‌های خونی (شکل ۳-۶)



شکل ۳-۶ دستگاه Elisa Reader

- کیت‌های اندازه‌گیری هورمون‌ها
 - ✓ کیت هورمون رشد مخصوص انسان، ساخت شرکت Monobind, Inc کشور آمریکا
 - ✓ کیت هورمون کورتیزول مخصوص انسان، ساخت شرکت Monobind, Inc کشور آمریکا
 - ✓ کیت IGF-1 مخصوص انسان، ساخت شرکت immunodiagnosticssystemds کشور آلمان

۳-۸- روش جمع آوری نمونه خون و تهیه سرم

به منظور جمع‌آوری نمونه‌های خونی قبل و بعد از جلسه‌ی ورزش، از آزمودنی‌ها خواسته شد ساعت ۸ صبح، پس از ۱۲ ساعت ناشتایی در آزمایشگاه حاضر باشند. در خونگیری مرحله اول، از آزمودنی‌ها خواسته شد ۲۴ ساعت قبل از آزمایش خون از انجام هر نوع فعالیت ورزشی خودداری کنند. خونگیری

مرحله دوم بلافاصله پس از جلسه ورزش انجام گرفت. در هر مرحله خونگیری، از هر آزمودنی ۲ سی-سی خون در وضعیت نشسته از سیاهرگ بازویی توسط متخصص آزمایشگاه گرفته شد و به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفوز شد. سرم‌های جدا شده تا زمان انجام آزمایش در دمای ۷۰-درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

۳-۹-۳ روش جمع‌آوری اطلاعات

۳-۹-۳-۱ اندازه‌های آنتروپومتریکی

قد: توسط متر نواری بدون کفش و با دقت ۰/۱ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد.

وزن: در حالت ناشتا توسط ترازو مارک سکا (ساخت کشور آلمان) با حداقل لباس، بدون کفش و با دقت ۰/۱ کیلوگرم اندازه‌گیری شد.

شاخص توده بدنی (BMI): از تقسیم وزن (کیلوگرم) بر مجذور قد (متر) محاسبه گردید.

دور ران: توسط متر نواری غیرقابل ارتجاع در حجیم‌ترین بخش ران اندازه‌گیری شد.

۳-۹-۳-۲ متغیرهای همودینامیک

فشارخون: اندازه‌گیری فشارخون ۲۰ دقیقه پس از اجرای پروتکل با استفاده از فشارسنج عقربه‌ای و گوشی پزشکی مدل ALPK2 (ساخت کشور ژاپن) توسط پزشک انجام شد، با شنیدن صدای حداقل دو ضربه‌ی متوالی از گوشی پزشکی، مقدار فشاری که عقربه نشان داد به عنوان فشار خون سیستولی ثبت گردید و با ادامه تخلیه‌ی هوای بازوبند، صداها آهسته و ضعیف می‌شدند تا زمانی که دیگر صدایی شنیده نمی‌شد. ناپدید شدن صداها به عنوان فشار دیاستولی گزارش گردید.

ضربان قلب: توسط دستگاه ضربان سنج پولار اندازه‌گیری شد.

RPP: از حاصلضرب ضربان قلب در فشارخون سیستولی محاسبه گردید.

MAP (فشار متوسط شریانی): با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید [۴۵].

$$\text{MAP}=(\text{DBP}+0.33(\text{SBP}-\text{DBP}))$$

۳-۹-۳- تجزیه و تحلیل بیوشیمیایی خون

سطح سرمی هورمون‌های کورتیزول ، GH و IGF-1 به روش الایزا (ELISA) اندازه‌گیری شد.

۳-۹-۳-۱- آشنایی با روش الایزا:

امروزه تمامی تست‌های سرولوژیکی برای تشخیص بیماری‌های عفونی و اتوایمیون با این روش صورت می‌گیرد، زیرا الایزا روش بسیار دقیقی است که از حساسیت^۱ و ویژگی^۲ بالایی برخوردار است. روشی آسان و بی خطر نسبت به ایمنوفلورسانس (IF) و رادیوایمونواسی (RIA) می باشد، زیرا آلودگی پرسنلی و محیطی به مواد رادیواکتیو ندارد. البته حساسیت روش RIA بیش از الایزا می باشد و هنوز روش RIA در بررسی‌های آندوکرینولوژی کاربرد دارد. با این حال با روش الایزا می‌توان آنتی ژن یا آنتی بادی را در حد نانوگرم و پیکو گرم ردیابی نمود. این آزمایش جهت بررسی آنتی ژن‌ها و آنتی بادی های مختلف به صورت کیفی، نیمه کمی و کمی کاربرد دارد. چنانچه اندازه‌گیری آنتی بادی مورد نظر باشد آنتی ژن معلوم را به فازی جامد که معمولاً پلی استیرین^۳ است متصل می کنند. در صورتیکه بخواهند آنتی ژن را در نمونه‌ای بررسی کنند آنتی‌بادی های معلوم را به فاز جامد متصل می کنند. پلی استیرین خاصیت جذب خوبی برای پروتئین ها دارد لذا آنتی ژن یا آنتی بادی بصورت غیر اختصاصی می تواند به پلی استیرین متصل گردد. پلی استیرین را بصورت پلیت‌های حاوی چاهک^۴های کوچکی تهیه می کنند. معمولاً هشت چاهک در یک ردیف به هم متصل هستند.

اساس آزمایش: نشاندار کردن کمپلکس آنتی ژن و آنتی بادی با یک آنزیم و تشخیص آن با افزودن سوبسترا، که رنگ ایجاد شده توسط یک رنگ سنج خوانده می‌شود.

- 1-Sensitivity
- 2-Specificity
- 3-Polystyrene
- 4-Wells

روش کار :

مرحله اول که اصطلاحاً Coating نام دارد و در کارخانه سازنده انجام می‌شود، متصل کردن آنتی ژن یا آنتی بادی معلوم به دیواره‌ها و کف چاهکها می‌باشد.

برای این منظور غلظت خاصی از آنتی بادی یا آنتی ژن را در PBS¹ یا بافر دیگری حل می‌کنند و هر کدام از چاهک‌ها را با آن پر نموده، حدوداً به مدت ۲۰ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی گراد قرار می‌دهند. روز بعد کلیه چاهک‌ها را خالی می‌کنند. اکنون آنتی ژن یا آنتی بادی به کف و دیواره چاهک‌ها متصل شده اما تمامی سطح کاملاً پوشیده نشده است. لذا از BSA² یا محلول‌های پروتئینی خاص دیگر استفاده می‌شود تا نقاط خالی کاملاً پوشیده شوند، این مرحله را Blocking می‌گویند که برای جلوگیری از اتصال غیر اختصاصی پروتئین‌ها در مراحل دیگر است. بعد از چند ساعت، چاهک‌ها را خالی کرده، شستشو می‌دهند. معمولاً ۱۲ Strip را به صورت جدا یا متصل به هم در قابی به نام پلیت³ یعنی جمعاً ۹۶ خانه جهت انجام تست به همراه کلیه مواد یا محلول‌های مورد نیاز تحت عنوان یک کیت به بازار عرضه می‌کنند. به همراه هر کیت، نمونه کنترل مثبت و منفی نیز موجود است که جهت کنترل کار و کیت می‌باشد. نمونه کنترل مثبت مثل سرم فرد مبتلا است، یعنی Ab Toxo در آن وجود دارد و چاهک مربوطه در انتهای واکنش رنگی می‌شود. نمونه کنترل منفی مثل سرم فرد سالم، فاقد Ab Toxo است و در انتهای آزمایش بی‌رنگ باقی می‌ماند.

۳-۱۰- روش آماری

تمام اطلاعات در این تحقیق بر اساس میانگین \pm انحراف استاندارد بیان شده‌است. برای توصیف اطلاعات جمع‌آوری شده از آمار توصیفی و برای تجزیه و تحلیل یافته‌ها از آمار استنباطی استفاده شد. در آمار توصیفی به منظور توصیف اطلاعات از جداول و نمودارها و در آمار استنباطی ابتدا برای بررسی توزیع داده‌ها از آزمون کلموگراف-اسمیرنوف استفاده شد. برای مقایسه میانگین متغیرها در

1- Phosphate Buffer Saline
2- Bovine Serum Albumen
3- Plate

گروه، قبل و بعد از تمرین، از آزمون t همبسته و برای آزمون فرضیه‌ها از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) استفاده شد. آزمون تعقیبی توکی برای تعیین تفاوت‌ها مورد استفاده قرار گرفت. سطح معنی داری در کلیه آزمون‌ها $p \leq 0/05$ در نظر گرفته شد و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ استفاده شد.

فصل چهارم

تجزیه و تحلیل

یافته‌های پژوهش

۴-۱- مقدمه

در این فصل ابتدا یافته‌های پژوهش به شکل توصیفی در قالب جدول ارائه می‌شود. سپس تجزیه و تحلیل اطلاعات بدست آمده براساس اهداف تحقیق انجام شده و فرضیه‌های پژوهش مورد آزمون قرار می‌گیرد.

۴-۲- بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها

برای تعیین چگونگی توزیع داده‌ها از آزمون کلموگراف-اسمیرنف استفاده شد. بر اساس این آزمون، توزیع وقتی نرمال است که مقدار P بیشتر از عدد بحرانی در سطح $0/05$ باشد. جدول ۴-۱ نتایج آزمون کلموگراف-اسمیرنف را نشان می‌دهد که بر اساس نتایج این آزمون مقدار P برای کلیه متغیرها نرمال بود. لذا داده‌های مربوط به متغیرها با استفاده از آزمون‌های پارامتریک تحلیل شد.

جدول (۱-۴) نتایج آزمون کلموگراف-اسمیرنف برای متغیرهای آنترپومتریک، همودینامیک و متغیرهای

هورمونی

گروه کنترل		گروه بدون BFR		گروه BFR		گروه‌ها
P	Z	P	Z	P	Z	متغیرها
۰/۶۹	۰/۵۵	۰/۶۷	۰/۴۱	۰/۹۳	۰/۵۵	وزن (kg)
۰/۹۶	۰/۴۸	۰/۸۵	۰/۶۰	۰/۹۹	۰/۴۲	BMI (kg/m ²)
۰/۹۹	۰/۴۳	۰/۹۷	۰/۴۸	۰/۷۲	۰/۶۹	دور ران (cm)
۰/۹۵	۰/۵۲	۰/۹۳	۰/۶۴	۰/۹۰	۰/۵۶	HR (bpm)
۰/۹۲	۰/۴۸	۰/۸۷	۰/۵۶	۰/۷۹	۰/۶۴	RPP (bpm.mmHg)
۰/۸۷	۰/۶۱	۰/۹۶	۰/۵۰	۰/۹۹	۰/۴۳	MAP (mm.Hg)
۰/۸۰	۰/۶۴	۰/۹۳	۰/۵۳	۰/۹۷	۰/۴۸	فشارخون سیتولیک (mmHg)
۰/۹۴	۰/۵۲	۰/۹۲	۰/۵۴	۰/۹۳	۰/۵۳	فشارخون دیاستولیک (mmHg)
۰/۵۲	۰/۸۱	۰/۵۹	۰/۷۶	۰/۷۸	۰/۶۵	GH (ng/ml)
۰/۸۴	۰/۶۱	۰/۹۱	۰/۵۶	۰/۹۵	۰/۵۱	کورتیزول (ng/ml)
۰/۹۶	۰/۵۰	۰/۹۹	۰/۴۲	۰/۹۴	۰/۵۲	IGF-1 (ng/ml)

۳-۴- یافته‌های توصیفی

در این بخش داده‌های مربوط به ۳۰ نفر از آزمودنی‌ها که به طور منظم و تا پایان مطالعه با محقق همکاری کردند، توصیف می‌شود.

۱-۳-۴- ویژگی‌های فردی

۱-۱-۳-۴- آماره توصیفی سن آزمودنی‌ها در هر گروه بر حسب سال

جدول (۲-۴) آماره‌های توصیفی سن (سال) آزمودنی‌ها به تفکیک گروه‌ها

۲۱/۱۸	میانگین	گروه BFR
۱/۲۵	انحراف استاندارد	
۲۰/۷۱	میانگین	گروه بدون BFR
۱/۱۱	انحراف استاندارد	
۲۱/۸۵	میانگین	گروه کنترل
۰/۸۹	انحراف استاندارد	

براساس جدول (۲-۴) میانگین سن آزمودنی‌ها در گروه راه‌رفتن روی تردمیل با BFR ۲۱/۱۸ سال، در گروه راه‌رفتن روی تردمیل بدون BFR ۲۰/۷۱ سال و در گروه کنترل ۲۱/۸۵ سال است.

۴-۴- مقایسه میانگین متغیرها قبل و بعد از ورزش

۱-۱-۴-۴- مقایسه متغیرهای آنترپومتریک و همودینامیک آزمودنی‌ها قبل و بعد از ورزش

به تفکیک گروه‌ها

جدول (۳-۴) مقایسه میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای آنتروپومتریک و همودینامیک گروه‌های

مختلف قبل و بعد از ورزش

گروه کنترل (n=۱۰)		گروه ورزش بدون BFR (n=۱۰)		گروه ورزش BFR (n=۱۰)		گروه‌ها متغیرها
پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	
۵۲/۸۰±۲/۳۴	۵۲/۸۰±۲/۳۴	۵۴/۹۰±۲/۸۸	۵۴/۹۳±۲/۹۰	۵۳/۱۵±۶/۱۳	۵۳/۱۰±۶/۱۷	وزن بدن (kg)
۵۴/۵۳±۳/۶۵	۵۴/۵۰±۳/۷۴	۵۴/۶۰±۴/۴۹	۵۴/۵۰±۴/۵۲	۵۵/۳۰±۶/۱۴	۵۴/۸۰±۶/۰۷	دور ران (cm)
۱۹/۲۴±۱/۰۸	۱۹/۲۴±۱/۰۸	۲۰/۱۹±۱/۷۰	۲۰/۱۹±۱/۷۰	۱۹/۳۱±۱/۴۵	۱۹/۳۱±۱/۴۵	BMI (Kg/m ²)
۷۹/۹۰±۶/۲۰	۷۹/۹۰±۶/۲۹	۸۲/۶۰±۷/۵۴	** ۷۵/۶۰±۱۰/۴۱	۸۷/۸۰±۵/۹۲	** ۷۶/۱۰±۵/۵۴	(bpm)HR
۸۶۰/۴۰±۱۳۶۴/۸۳	۸۷۲۹/۷۰±۹۳۸/۴۸	۸۶۶۵/۲۰±۱۳۰۴/۵۹	** ۷۷۳۲/۱۰±۱۳۸۶/۵۱	۱۰۳۳۶/۱۰±۸۸۴/۷۹	* ۷۷۲۰/۶۰±۹۰۴/۵۶	RPP (bpm.mm Hg)
۸۴/۳۳±۵/۱۱	۸۴/۰۳±۴/۳۷	۸۵/۶۰±۸/۱۷	۸۵/۶۶±۷/۶۱	۸۹/۷۶±۶/۷۱	** ۸۳/۶۳±۶/۷۱	MAP (mm.Hg)
۱۰۷/۲۰±۱۰/۰۲	۱۰۹/۱۰±۵/۴۶	۱۰۴/۶۰±۸/۸۸	** ۱۰۲/۲۰±۱۰/۰۸	۱۱۷/۹۰±۹/۰۱	** ۱۰۱/۳۰±۶/۷۶	فشار خون سیستولیک (mm.Hg)
۷۲/۹۰±۴/۳۵	۷۱/۵۰±۵/۷۹	۷۶/۱۰±۹/۳۲	۷۷/۴۰±۸/۱۵	۷۵/۷۰±۷/۷۴	۷۴/۸۰±۷/۹۱	فشار خون دیاستولیک (mm.Hg)

* تفاوت معنادار بین گروه‌ها قبل و بعد از تمرین ($p < 0.05$)

** تفاوت معنادار بین گروه‌ها قبل و بعد از تمرین ($p < 0.01$)

نتایج آزمون t همبسته نشان داد پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل، تفاوت معناداری در اندازه-های آنتروپومتریکی در مقایسه با پیش از ورزش در هیچ یک از گروه‌ها مشاهده نشد ($P > 0.05$).
براساس اطلاعات جدول ۳-۴، هر دو پروتکل راه رفتن روی تردمیل با و بدون BFR باعث افزایش

معنادار RPP و MAP در مقایسه با پیش از ورزش شد. این درحالیست که، مقادیر هر دو متغیر در گروه کنترل تقریباً بدون تغییر یا کاهش غیر معنادار بود.

۴-۱-۲-۴-۴- مقایسه میانگین متغیرهای خونی آزمودنی‌ها قبل و بعد از ورزش در گروه‌های مختلف

جدول (۴-۴) مقایسه میانگین و انحراف استاندارد سطح سرمی هورمون‌های رشد، کورتیزول و IGF-1 در

گروه‌های مختلف قبل و بعد از ورزش

گروه کنترل (تعداد=۱۰)		گروه ورزش بدون BFR (تعداد=۱۰)		گروه ورزش با BFR (تعداد=۱۰)		گروه‌ها متغیرها
پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	
۱/۱۰±۰/۱۹	۱/۰۸±۰/۲۰	۱/۳۱±۰/۲۵	*۰/۹۹±۰/۲۲	۳/۰۱±۰/۷۷	**۱/۰۶±۰/۲۲	(ng/ml) GH
۲۲۵/۴۵±۱۱/۶۲	۲۲۵/۷۰±۱۰/۵۵	۲۳۰/۶۰±۹/۶۸	۲۲۶/۶۰±۱۳/۴۰	۲۴۶/۲۵±۱۷/۸۰	*۲۳۰/۵۰±۱۵/۰۲	(ng/ml) IGF-1
۲۴۲/۴۰±۱۰/۲۱	۲۴۱/۲۰±۱۰/۲۷	۲۶۷/۴۰±۵/۴۶	**۲۳۹/۵۰±۵/۴۲	۲۷۰/۴۰±۶/۶۰	**۲۳۶/۷۰±۴/۳۹	کورتیزول (ng/ml)

* تفاوت معنادار قبل و بعد از ورزش در گروه‌های مختلف ($p < 0.05$)

** تفاوت معنادار قبل و بعد از ورزش در گروه‌های مختلف ($p < 0.01$)

براساس اطلاعات جدول ۴-۴، در ابتدای مطالعه و پیش از اجرای برنامه ورزشی، تفاوت معناداری بین سطح سرمی هورمون GH، کورتیزول و IGF-1 آزمودنی‌ها مشاهده نشد ($P > 0.05$). تحلیل داده‌ها نشان داد سطح سرمی هورمون GH و کورتیزول در هر دو گروه راه رفتن روی نوارگردان با و بدون BFR در مقایسه با مقادیر قبل از ورزش به طور معناداری افزایش یافت، این درحالیست که مقدار IGF-1 فقط در گروه تمرین BFR در مقایسه با پیش از تمرین معنادار بود ($P < 0.05$) (جدول ۴-۴).

۴-۵-۴-۵- مقایسه میانگین متغیرهای خونی گروه‌های مختلف در ابتدای مطالعه

قبل از آزمون فرضیات، به منظور بررسی همگنی مقادیر پیش آزمون سطح سرمی هورمون‌ها در سه گروه از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه استفاده شد (جدول ۴-۵، ۴-۶، ۴-۷).

جدول (۴-۵) مقایسه مقادیر پیش آزمون سطح سرمی هورمون GH بین سه گروه

مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	آزمون F	سطح معناداری
بین گروه	۲	۰/۰۱۹	۰/۴۰۲	۰/۶۷
درون گروه	۲۷	۰/۰۴۷		
کل	۲۹			

بر اساس اطلاعات جدول ۴-۵، بین سطح سرمی هورمون GH در پیش آزمون تفاوت معناداری مشاهده نشد ($P > 0/05$).

جدول (۴-۶) مقایسه مقادیر پیش آزمون سطح سرمی هورمون IGF-1 بین سه گروه

مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	آزمون F	سطح معناداری
بین گروه	۲	۶۵/۱۰	۰/۳۷	۰/۶۸
درون گروه	۲۷	۱۷۲/۳۳		
کل	۲۹			

بر اساس اطلاعات جدول ۴-۶، بین سطح سرمی هورمون IGF-1 در پیش آزمون تفاوت معناداری مشاهده نشد ($P > 0/05$).

جدول (۴-۷) مقایسه مقادیر پیش آزمون سطح سرمی هورمون کورتیزول بین سه گروه

مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	آزمون F	سطح معناداری
بین گروه	۲	۵۱/۶۳	۱/۰۰۴	۰/۳۸
درون گروه	۲۷	۵۱/۴۱		
کل	۲۹			

بر اساس اطلاعات جدول ۴-۷، بین سطح سرمی هورمون کورتیزول در پیش آزمون تفاوت معناداری مشاهده نشد ($P > 0.05$).

۴-۶- مقایسه میانگین متغیرهای همودینامیک گروه‌های مختلف در ابتدای

مطالعه

قبل از آزمون فرضیات، به منظور بررسی همگنی مقادیر پیش آزمون متغیرهای همودینامیک در سه گروه از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه استفاده شد (جداول ۴-۸، ۴-۹، ۴-۱۰، ۴-۱۱، ۴-۱۲).

جدول (۴-۸) مقایسه مقادیر پیش آزمون فشارخون سیستولیک بین سه گروه

مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	آزمون F	سطح معناداری
بین گروه	۲	۱۸۲/۱۰	۳/۰۷	۰/۰۶
درون گروه	۲۷	۵۹/۱۳		
کل	۲۹	۱۹۶۰/۸۰		

بر اساس اطلاعات جدول ۴-۸، بین فشارخون سیستولیک در پیش آزمون تفاوت معناداری مشاهده نشد ($P > 0.05$).

جدول (۴-۹) مقایسه مقادیر پیش آزمون فشار خون دیاستولیک بین سه گروه

مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	آزمون F	سطح معناداری
بین گروه	۲	۸۷/۴۳	۱/۶۱	۰/۲۱
درون گروه	۲۷	۵۴/۲۴		
کل	۲۹	۱۶۳۹/۳۶		

بر اساس اطلاعات جدول ۴-۹، بین فشارخون دیاستولیک در پیش آزمون تفاوت معناداری مشاهده نشد ($P > 0.05$).

جدول (۴-۱۰) مقایسه مقادیر پیش آزمون ضربان قلب بین سه گروه

مجموع مجدورات	درجه آزادی	میانگین مجدورات	آزمون F	سطح معناداری
۱۱۰/۶۰	۲	۵۵/۳۰	۰/۹۲	۰/۴۰
۱۶۱۰/۲۰	۲۷	۵۹/۶۳		
۱۷۲۰/۸۰	۲۹			
کل				

بر اساس اطلاعات جدول ۴-۱۰، بین میزان ضربان قلب در پیش آزمون تفاوت معناداری مشاهده نشد ($P > ۰/۰۵$).

جدول (۴-۱۱) مقایسه مقادیر پیش آزمون میزان MAP بین سه گروه

مجموع مجدورات	درجه آزادی	میانگین مجدورات	آزمون F	سطح معناداری
۲۳/۲۰	۲	۱۱/۶۰	۰/۲۸	۰/۷۵
۱۱۰۰/۸۶	۲۷	۴۰/۷۷		
۱۱۲۴/۰۷	۲۹			
کل				

بر اساس اطلاعات جدول ۴-۱۱، بین میزان MAP در پیش آزمون تفاوت معناداری مشاهده نشد ($P > ۰/۰۵$).

جدول (۴-۱۲) مقایسه مقادیر پیش آزمون میزان RPP بین سه گروه

مجموع مجدورات	درجه آزادی	میانگین مجدورات	آزمون F	سطح معناداری
۶۷۱۲۰۶۶۹/۴۰	۲	۳۳۵۶۰۳۴/۷۰	۲/۷۸	۰/۰۸
۳۲۵۹۲۸۸۵/۴۰	۲۷	۱۲۰۷۱۴۳/۹۰		
۳۹۳۰۴۹۵۴/۸۰	۲۹			
کل				

بر اساس اطلاعات جدول ۴-۱۲، بین میزان RPP در پیش آزمون تفاوت معناداری مشاهده نشد ($P > 0.05$).

۴-۷-۴-آزمون فرضیه‌های تحقیق

در این قسمت فرضیه‌های تحقیق مورد آزمون قرار گرفته‌اند. تمام فرضیه‌های تحقیق در سطح معناداری $\alpha \leq 0.05$ مورد بررسی قرار گرفته اند که نتایج حاصله در جداول مربوطه ارائه شده است.

۴-۷-۴-۱-فرضیه اول

فرض صفر (H_0): بر اساس فرض صفر، بین سطح سرمی هورمون GH دختران جوان در گروه‌های مختلف پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با جریان خون محدود شده تفاوت معناداری وجود ندارد.

جدول (۴-۱۳) مقایسه میانگین سطح سرمی هورمون GH بین سه گروه در پایان ورزش

سطح معناداری	F	میانگین مجذورات	درجه آزادی	مجموع مجذورات	بین گروه
۰/۰۰۱	۴۶/۲۵	۱۰/۹۴۱	۲	۲۱/۸۸	بین گروه
		.۲۳۷	۲۷	۶/۳۸	درون گروه
			۲۹	۲۸/۲۶	کل

نتیجه آزمون: بر اساس نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه، تفاوت معناداری بین میانگین سطح سرمی هورمون GH گروه‌ها در پایان مطالعه وجود دارد ($P=0.001$). لذا فرض صفر رد می‌شود. (جدول ۴-۱۳).

جدول (۴-۱۴) نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه تفاوت بین میانگین‌های بین دو گروه

متغیر	گروه‌ها	میانگین تفاوت‌ها	Sig
هورمون GH	گروه BFR	گروه کنترل	۰/۰۰۱
	گروه بدون BFR	گروه بدون BFR	۰/۰۰۱
	گروه بدون BFR	گروه کنترل	۰/۵۸
	گروه BFR	گروه BFR	۰/۰۰۱
	کنترل	گروه بدون BFR	۰/۵۸
	گروه BFR	گروه BFR	۰/۰۰۱

**P<۰/۰۱

نتایج حاصل از آزمون تعقیبی توکی نشان داد پس از یک جلسه ورزش، بین سطح سرمی هورمون GH گروه راه رفتن روی تردمیل با BFR با گروه بدون BFR ($P= ۰/۰۰۱$) و گروه کنترل ($P= ۰/۰۰۱$) اختلاف معناداری مشاهده شد. این در حالیست که تفاوت بین سطح سرمی هورمون GH گروه راه رفتن روی تردمیل بدون BFR و گروه کنترل به لحاظ آماری معنادار نبود ($P= ۰/۵۸$) (جدول ۴-۱۴). بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با BFR تأثیر معناداری بر سطح سرمی هورمون GH دارد.

۴-۷-۲- فرضیه دوم

فرض صفر (H_0): بر اساس فرض صفر، بین سطح سرمی هورمون IGF-1 دختران جوان در گروه‌های مختلف پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با جریان خون محدود شده تفاوت معناداری وجود ندارد.

جدول (۴-۱۵) مقایسه میانگین سطح سرمی IGF-1 بین سه گروه در پایان ورزش

مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	آزمون F	سطح معناداری
۲۳۴۶/۹۵	۲	۱۱۷۳/۴۷	۶/۴۴	۰/۰۰۵
۴۹۱۳/۲۵	۲۷	۱۸۱/۹۷		
۷۲۶۰/۲۰	۲۹			
کل				

نتیجه آزمون: نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه نشان داد پس از یک جلسه ورزش، بین سطح سرمی IGF-1 گروه‌های مورد مطالعه اختلاف معناداری مشاهده شد ($P=0/005$)؛ لذا فرض صفر رد می‌شود (جدول ۴-۱۵).

جدول (۴-۱۶) نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه تفاوت بین میانگین‌های بین دو گروه

متغیر	گروه‌ها	میانگین تفاوت‌ها	Sig
هورمون IGF-1	گروه BFR	گروه کنترل	۰/۰۰۵
	گروه بدون BFR	گروه بدون BFR	۰/۰۳
		گروه کنترل	۰/۶۷
	کنترل	گروه BFR	۰/۰۳
		گروه بدون BFR	۰/۶۷
	گروه BFR	گروه BFR	۰/۰۰۵

* $P < 0/05$

** $P < 0/01$

نتایج حاصل از آزمون تعقیبی توکی نشان داد پس از یک جلسه ورزش، بین سطح سرمی IGF-1 گروه راه رفتن روی تردمیل با BFR با گروه راه رفتن روی تردمیل بدون BFR ($P=0/03$) و گروه کنترل ($P=0/005$) اختلاف معناداری مشاهده شد. این در حالیست که تفاوت بین سطح سرمی IGF-1 گروه راه رفتن روی تردمیل بدون BFR و کنترل به لحاظ آماری معنادار نبود ($P=0/67$)

فصل چهارم: تجزیه و تحلیل یافته‌های پژوهش

(جدول ۴-۱۶). بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با BFR تأثیر معناداری بر سطح سرمی IGF-1 دارد.

۴-۷-۳- فرضیه سوم

فرض صفر (H_0): بر اساس فرض صفر، بین سطح سرمی هورمون کورتیزول دختران جوان در گروه‌های مختلف پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با جریان خون محدود شده تفاوت معناداری وجود ندارد.

جدول (۴-۱۷) مقایسه میانگین سطح سرمی کورتیزول بین سه گروه در پایان ورزش

مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	آزمون F	سطح معناداری
بین گروه	۲	۲۳۶۳/۳۳	۳۹/۸۰	۰/۰۰۱
درون گروه	۲۷	۵۹/۳۷		
کل	۲۹	۶۳۲۹/۸۶		

نتیجه آزمون: نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه نشان داد پس از یک جلسه ورزش، بین سطح سرمی کورتیزول گروه‌های مورد مطالعه اختلاف معناداری مشاهده شد ($P=۰/۰۰۱$)؛ لذا فرض صفر رد می‌شود (جدول ۴-۱۷).

جدول (۴-۱۸) نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه تفاوت بین میانگین‌های بین دو گروه

متغیر	گروه‌ها	میانگین تفاوت‌ها	Sig
گروه BFR	گروه کنترل	۲۸/۰۱**	۰/۰۰۱
	گروه بدون BFR	۳/۱۱	۰/۶۶
کورتیزول	گروه بدون BFR	۲۵/۱۵**	۰/۰۰۵
	گروه BFR	-۳/۱۱	۰/۶۶
کنترل	گروه بدون BFR	-۲۵/۱۵**	۰/۰۰۵
	گروه BFR	-۲۸/۰۱**	۰/۰۰۱

** $P < ۰/۰۱$

نتایج حاصل از آزمون تعقیبی توکی نشان داد پس از یک جلسه ورزش، بین سطح سرمی کورتیزول گروه راه رفتن روی تردمیل با BFR و گروه راه رفتن روی تردمیل بدون BFR با گروه کنترل ($P=0/001$) اختلاف معناداری مشاهده شد ($P<0/01$). این در حالیست که تفاوت بین سطح سرمی کورتیزول در دو گروه تمرین معنا دار نبود ($P=0/66$). گروه راه رفتن روی تردمیل با BFR و گروه راه رفتن روی تردمیل بدون BFR به لحاظ آماری معنادار نبود ($P=0/66$). (جدول ۴-۱۸). بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با و بدون BFR تأثیر معناداری بر سطح سرمی کورتیزول دارد.

۴-۷-۴- فرضیه چهارم

فرض صفر (H_0): بر اساس فرض صفر، بین فشارخون سیستولیک دختران جوان در گروه‌های مختلف پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با جریان خون محدود شده تفاوت معناداری وجود ندارد.

جدول (۴-۱۹) مقایسه میانگین میزان فشارخون سیستولیک بین سه گروه در پایان ورزش

میانگین تغییرات	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	آزمون F	سطح معناداری
بین گروه	۹۹۳/۸۰	۲	۴۹۶/۹۰	۵/۷۲	۰/۰۰۸
درون گروه	۲۳۴۴/۹۰	۲۷	۸۶/۸۴		
کل	۳۳۳۸/۷۰	۲۹			

نتیجه آزمون: نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه نشان داد پس از یک جلسه ورزش، بین میزان فشار خون سیستولیک گروه‌های مورد مطالعه اختلاف معناداری مشاهده شد ($P=0/008$)؛ لذا فرض صفر رد می‌شود (جدول ۴-۱۹).

جدول (۴-۲۰) نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه تفاوت بین میانگین‌های بین دو گروه

متغیر	گروه	میانگین تفاوت‌ها	Sig
فشار خون	BFR	گروه کنترل	۰/۰۴
	BFR بدون	گروه بدون BFR	۰/۰۱
سیستولیک	BFR بدون	گروه کنترل	۰/۸۰
	BFR	گروه BFR	۰/۰۱
	کنترل	گروه بدون BFR	۰/۸۰
	BFR	گروه BFR	۰/۰۴

*P < ۰/۰۵

نتایج حاصل از آزمون تعقیبی توکی نشان داد پس از یک جلسه ورزش ، بین میزان فشار خون سیستولیک گروه راه رفتن روی تردمیل با BFR با گروه راه رفتن روی تردمیل بدون BFR (P= ۰/۰۱) و گروه کنترل (P= ۰/۰۴) اختلاف معناداری مشاهده شد. این در حالیست که تفاوت بین میزان فشار خون سیستولیک گروه راه رفتن روی تردمیل بدون BFR و کنترل به لحاظ آماری معنادار نبود (P= ۰/۸۰) (جدول ۴-۲۰). بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با BFR تأثیر معناداری بر میزان فشار خون سیستولیک دارد.

۴-۷-۵- فرضیه پنجم

فرض صفر (H_0): بر اساس فرض صفر، بین فشارخون دیاستولیک دختران جوان در گروه‌های مختلف پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با جریان خون محدود شده تفاوت معناداری وجود ندارد.

جدول (۴-۲۱) مقایسه میانگین میزان فشار خون دیاستولیک بین سه گروه در پایان ورزش

مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	آزمون F	سطح معناداری
بین گروه	۲	۳۰/۴۰	۰/۵۴	۰/۵۸
درون گروه	۲۷	۵۵/۳۳		
کل	۲۹	۱۵۵۴/۷۰		

نتیجه آزمون: بر اساس نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه، تفاوت معناداری بین میانگین میزان فشار خون دیاستولیک گروه‌ها در پایان مطالعه وجود ندارد ($P=0/58$). لذا فرض صفر تأیید می‌شود (جدول ۴-۲۱).

۴-۷-۶- فرضیه ششم

فرض صفر (H_0): بر اساس فرض صفر، بین ضربان قلب دختران جوان در گروه‌های مختلف پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با جریان خون محدود شده تفاوت معناداری وجود ندارد.

جدول (۴-۲۲) مقایسه میانگین میزان ضربان قلب بین سه گروه در پایان ورزش

مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	آزمون F	سطح معناداری
بین گروه	۲	۱۶۱/۲۳	۳/۶۷	۰/۰۳
درون گروه	۲۷	۴۳/۸۸		
کل	۲۹	۱۵۰۷/۳۶		

نتیجه آزمون: نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه نشان داد پس از یک جلسه ورزش، بین میزان ضربان قلب گروه‌های مورد مطالعه اختلاف معناداری مشاهده شد ($P=0/03$)؛ لذا فرض صفر رد می‌شود (جدول ۴-۲۲).

جدول (۴-۲۳) نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه تفاوت بین میانگین‌های بین دو گروه

متغیر	گروه	میانگین تفاوت‌ها	Sig
BFR	گروه کنترل	۷/۹۰*	۰/۰۳
	گروه بدون BFR	۵/۲۰	۰/۲۰
ضربان قلب	گروه بدون BFR	۲/۷۰	۰/۶۳
	گروه BFR	-۵/۲۰	۰/۲۰
کنترل	گروه بدون BFR	-۲/۷۰	۰/۶۳
	گروه BFR	-۷/۹۰*	۰/۰۳

* $P < 0.05$

نتایج حاصل از آزمون تعقیبی توکی نشان داد پس از یک جلسه ورزش، بین میزان ضربان قلب گروه راه رفتن روی تردمیل BFR با گروه کنترل اختلاف معناداری مشاهده شد ($P = 0.03$). این در حالیست که تفاوت بین میزان ضربان قلب گروه راه رفتن روی تردمیل بدون BFR با گروه کنترل ($P = 0.63$) و BFR ($P = 0.20$) به لحاظ آماری معنادار نبود. (جدول ۴-۲۳). بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با BFR تأثیر معناداری بر میزان ضربان قلب دارد.

۴-۷-۷- فرضیه هفتم

فرض صفر (H_0): بر اساس فرض صفر، بین متوسط فشار شریانی (MAP) دختران جوان در گروه‌های مختلف پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با BFR تفاوت معناداری وجود ندارد.

جدول (۴-۲۴) مقایسه میانگین میزان MAP بین سه گروه در پایان ورزش

مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	آزمون F	سطح معناداری
۱۶۱/۶۲	۲	۸۰/۸۱	۱/۷۵	۰/۱۹
۱۲۴۲/۸۵	۲۷	۴۶/۰۳		
۱۴۰۴/۴۷	۲۹			

نتیجه آزمون: بر اساس نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه، تفاوت معناداری بین میانگین میزان MAP گروه‌ها در پایان مطالعه وجود ندارد ($P=0/19$). لذا فرض صفر تأیید می‌شود (جدول ۴-۲۴).

۴-۷-۸- فرضیه هشتم

فرض صفر (H_0): بر اساس فرض صفر، بین حاصلضرب فشارخون سیستولیک و ضربان قلب (RPP) دختران جوان در گروه‌های مختلف پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با جریان خون محدود شده تفاوت معناداری وجود ندارد.

جدول (۴-۲۵) مقایسه میانگین میزان RPP بین سه گروه در پایان ورزش

میانگین تغییرات	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	آزمون F	سطح معناداری
بین گروه	۱/۹۳	۲	۹۶۵۷۳۱۳/۹۰	۶/۶۶	۰/۰۰۴
درون گروه	۳/۹۱	۲۷	۱۴۴۹۱۹۷/۲۱		
کل	۵/۸۴	۲۹			

نتیجه آزمون: نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه نشان داد پس از یک جلسه ورزش، بین میزان RPP گروه‌های مورد مطالعه اختلاف معناداری مشاهده شد ($P=0/004$)؛ لذا فرض صفر رد می‌شود (جدول ۴-۲۵).

جدول (۴-۲۶) نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه تفاوت بین میانگین‌های بین دو گروه

متغیر	گروه	میانگین تفاوت‌ها	Sig
BFR	گروه کنترل	۱۷۳۱/۷۰**	۰/۰۰۹
	گروه بدون BFR	۱۶۷۰/۹۰*	۰/۰۱
RPP	گروه بدون BFR	۶۰/۸۰	۰/۹۹
	گروه BFR	-۱۶۷۰/۹۰*	۰/۰۱
کنترل	گروه بدون BFR	-۶۰/۸۰	۰/۹۹
	گروه BFR	-۱۷۳۱/۷۰**	۰/۰۰۹

* $P < 0/05$

** $P < 0/01$

نتایج حاصل از آزمون تعقیبی توکی نشان داد پس از یک جلسه ورزش، بین میزان RPP گروه راه رفتن روی تردمیل با BFR با گروه راه رفتن روی تردمیل بدون BFR ($P= 0/01$) و گروه کنترل ($P= 0/009$) اختلاف معناداری مشاهده شد. این در حالیست که تفاوت بین میزان RPP گروه راه رفتن روی تردمیل بدون BFR و کنترل به لحاظ آماری معنادار نبود ($P= 0/99$). (جدول ۴-۲۶). بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با BFR تأثیر معناداری بر میزان RPP دارد.

فصل پنجم

بحث و نتیجه گیری

۵-۱- مقدمه

در این فصل ابتدا گزارشی از خلاصه تحقیق که در چهار فصل گذشته به تفصیل به آن پرداخته شده‌است، ارائه می‌شود و سپس به بحث و بررسی درباره نتایج پژوهش و مقایسه آن‌ها با نتایج پژوهش‌های دیگر می‌پردازیم. در پایان پیشنهادهای کاربردی پژوهش حاضر و همچنین پیشنهادهای پژوهشی مطرح می‌شود.

۵-۲- خلاصه تحقیق

بر اساس نتایج برخی از مطالعات گذشته تغییر در قدرت و اندازه عضله پس از تمرینات مقاومتی به دلیل سازگاری عصبی و هورمونی ناشی از تمرین اتفاق می‌افتد [۸]. شدت ۷۰-۸۰ درصد IRM تمرین مقاومتی که شدتی مناسب برای افزایش قدرت و اندازه عضله گزارش شده‌است، برای ایجاد تغییر در هورمون‌های مربوط به افزایش قدرت و اندازه عضله نیز ضروریست [۱۱۳]. علیرغم توصیه‌های فراوان برای انجام تمرینات مقاومتی با شدت بالا (بیشتر از ۸۰ درصد IRM) برای پیشگیری از کاهش توده عضلانی در برنامه‌های مربوط به کاهش وزن مرتبط با سلامتی، این تمرینات با عوارض و آسیب‌های متعددی همراه است [۵]. این موضوع بیانگر این است که تمرینات مقاومتی با شدت بالا برای برخی از افراد بویژه سالمندان و بیماران قلبی-عروقی دارای محدودیت‌های اجرایی است. اخیراً شکل تازه‌ای از تمرینات مقاومتی ارائه شده‌است که محدودیت اجرایی کمتری در مقایسه با تمرینات قدرتی با شدت بالا دارد و در عین حال اهدافی را که از تمرینات با شدت بالا انتظار می‌رود، برآورده می‌سازد. این تمرینات که با شدت کم و جریان خون محدود شده انجام می‌شوند؛ به‌طور حیرت‌آوری در مدت زمان کوتاه باعث هایپرتروفی عضله و افزایش قدرت عضلانی می‌شود که این میزان سازگاری با سازگاری-های ایجاد شده در اثر تمرینات مقاومتی با شدت بالا برابری می‌کند [۵۳، ۵۴]. این درحالیست که به تازگی در بررسی تأثیر شدت‌های مختلف تمرین BFR، یکی از فعالیت‌های روزانه همچون راه رفتن به عنوان تمرینی با شدتی پایین‌تر از تمرینات مقاومتی مورد توجه قرار گرفته است و مفهوم تمرین

BFR با فعالیتی متداول تر مانند راه رفتن در هم آمیخته شده است. نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد راه رفتن (تمرینی با حداقل شدت) با جریان خون محدود شده نیز می‌تواند باعث حفظ و یا افزایش قدرت و اندازه‌ی توده‌ی عضلانی شود [۳۳]. علاوه بر آن، راه رفتن همراه با BFR باعث افزایش همزمان توان هوازی و سایز عضله شده و به دلیل اهمیت ضعف توان هوازی به عنوان یک عامل خطرزا در بیماری قلبی- عروقی و کاهش قدرت و توده‌ی عضلانی، به عنوان عاملی خطرناک برای ابتلاء به پوکی- استخوان، اختلال در راه رفتن و افتادن، بیانگر فواید بالقوه این نوع تمرینات است [۳۲]. از اینرو، هدف از انجام این تحقیق بررسی اثر یک جلسه راه رفتن روی تردمیل (با شدتی معادل ۲ مایل بر ساعت) با جریان خون محدود شده بر سطح سرمی برخی هورمون‌ها و عوامل همودینامیک در دختران جوان است. این شدت تمرین تقریباً معادل شدت فعالیت روزانه بوده و برای افراد با ویژگی‌های جسمانی متفاوت، قابل تحمل است [۳۳]. ۳۰ زن جوان سالم با میانگین سنی $20/27 \pm 1/76$ سال که داوطلب شرکت در مطالعه شدند، به عنوان نمونه آماری انتخاب شدند و به طور تصادفی در سه گروه: (۱) راه رفتن روی تردمیل با محدودیت جریان خون (با شدت ۲ مایل بر ساعت، ۵ ست ۲ دقیقه‌ای با یک دقیقه استراحت بین هر ست)، (۲) راه رفتن روی تردمیل بدون محدودیت جریان خون (با همان حجم ورزش) و (۳) کنترل (با محدودیت جریان خون و بدون ورزش) قرار گرفتند. سطح سرمی هورمون‌های کورتیزول، GH و IGF-1 در شرایط ناشتایی قبل و بلافاصله بعد از ورزش اندازه‌گیری شد. عوامل همودینامیک نیز قبل از شروع جلسه‌ی ورزش و ۲۰ دقیقه پس از پایان جلسه اندازه‌گیری شد. برای مقایسه تفاوت میانگین متغیرها از آزمون آماری ANOVA استفاده شد. سطح معناداری آماری $P < 0/05$ تعیین شد. تحلیل داده‌ها نشان داد راه رفتن روی تردمیل با BFR باعث افزایش معنادار سطح سرمی کورتیزول، GH و IGF-1 در مقایسه با مقادیر پیش از تمرین شد ($P < 0/05$). بین سطوح سرمی GH و IGF-1 گروه راه رفتن BFR با گروه راه رفتن بدون BFR و گروه کنترل اختلاف معناداری مشاهده شد ($P < 0/05$). این در حالیست که، بین سطح سرمی کورتیزول گروه راه رفتن

BFR و گروه راه رفتن بدون BFR با گروه کنترل اختلاف معناداری مشاهده شد ($P < 0/05$) و تفاوت بین گروه راه رفتن BFR با گروه راه رفتن بدون BFR معنادار نبود ($P > 0/05$). همچنین تحلیل داده‌ها نشان داد هر دو برنامه ورزشی باعث افزایش معنادار عوامل همودینامیک HR، SBP، RPP در مقایسه با مقادیر پیش از ورزش شد ($P < 0/05$). پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل، بین HR و SBP سه گروه تفاوت معناداری مشاهده شد ($P < 0/05$) و میزان افزایش در گروه ورزش BFR بیشتر از گروه بدون BFR بود.

۵-۳- بحث و نتیجه گیری

۵-۳-۱- تأثیر یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با BFR بر سطوح هورمون‌های GH، IGF-1

و کورتیزول

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که یک جلسه راه رفتن روی تردمیل در حالیکه جریان خون در فوقانی-ترین بخش عضله چهارسر توسط یک تورنیکت جراحی محدود شده بود، باعث افزایش معنادار مقادیر هورمون‌های GH، IGF-1 و کورتیزول دختران جوان در مقایسه با مقادیر پیش از تمرین شد بعلاوه پس از یک جلسه ورزش، بین سطح سرمی هورمون GH گروه راه رفتن روی تردمیل با BFR با گروه بدون BFR و گروه کنترل اختلاف معناداری مشاهده شد. این در حالیست که تفاوت بین سطح سرمی هورمون GH گروه راه رفتن روی تردمیل بدون BFR و گروه کنترل به لحاظ آماری معنادار نبود.

به بیان دیگر، محدود کردن جریان خون عامل مهمی در افزایش سطح سرمی GH است. زیرا با وجود پایین بودن قابل توجه شدت تمرین در گروهی که با محدودیت جریان خون مواجه شدند، میزان افزایش بعد از یک جلسه راه رفتن، بیشتر از گروه راه رفتن بدون محدودیت جریان خون بود. ترشح GH متعاقب ورزش، به عواملی مانند ویژگی‌های برنامه تمرینی بویژه شدت تمرین، نیازهای متابولیک و هیپوکسی [۵۰] بستگی دارد. افزایش سطح GH پس از تمرینات مقاومتی شدید تأیید شده است. اما این تمرینات با عوارض متعددی از قبیل آسیب‌های بافتی و مفصلی، التهاب (تورم) و کاهش

کامپلیانس شریان مرکزی همراه است [۵] و محدودیت‌های اجرایی برای برخی از افراد بویژه سالمندان و بیماران قلبی دارد.

شواهد پژوهشی نشان می‌دهد افزایش سطح GH پس از تمرینات مقاومتی برای رشد عضله اسکلتی ضروری است [۱۶]. افزایش معنادار سطح GH پس از تمرین مقاومتی شدید یک جلسه‌ای نیز گزارش شده است. GH تنظیم‌کننده مثبت تکثیر سلول‌های عضلانی و کبدی است. نتایج مطالعات انجام شده در شرایط *in vivo* و *in vitro* نشان می‌دهد که تزریق با GH با افزایش سنتز پروتئین و کاهش تجزیه پروتئین همراه است. اگرچه مسیرهای پیامدهی درگیر در تحریک سنتز پروتئین‌های عضله توسط GH هنوز بطور کامل شناخته نشده است؛ اما نشان داده شده است که GH مسیرهای فسفاتیدیل اینوزیتول-۳-کیناز^۱ (PI3K) و کیناز آریبوزومی S6 (S6K1) را در فیبروبلاستهای 3T3 فعال می‌کند. مسیر پیامدهی mTOR نیز نقش مهمی در تحریک سنتز پروتئین‌های عضله پس از تمرین BFR دارد. فعال شدن آبخاری S6K1 مسئول مرحله اول ترجمه بیان ژن و افزایش سنتز پروتئین‌های عضله و هایپرتروفی عضلانی است. در این راستا نتایج مطالعات نشان داده‌اند که راه رفتن BFR فسفوریلاسیون پروتئین‌های مختلف را که هم در هدف مکانیزمی را پامایسین (mTOR) و هم در میتوزن فعال‌کننده پروتئین کیناز (MPAK) نقش دارند؛ علامت‌دهی می‌کند که خود می‌تواند باعث تحریک ترشح هورمون‌های آنابولیک مانند GH شود [۱۰]. نتایج تحقیقات انجام شده همچنین نشان می‌دهد که سازگاری‌های عضلانی پس از تمرینات کم شدت BFR با افزایش هورمون‌های آنابولیک مانند GH که برای رشد عضله ضروری است، ارتباط دارد [۲، ۱۰، ۵۰، ۵۹]. اگرچه شواهد موجود در این زمینه محدود است. افزایش سطح GH در تحقیق حاضر با نتایج تحقیق ازاکی و همکاران (۲۰۱۴)، مانینی^۲ و همکاران (۲۰۱۲)، آب و همکاران (۲۰۰۵) تانی‌موتو^۳ و همکاران (۲۰۰۵) و محمدی^۴ و همکاران (۱۳۹۳) همخوانی دارد [۱۰، ۳۳، ۱۰۴، ۱۱۴، ۱۱۵]. این در حالیست که، میزان

1- Phosphatidy Inositol 3-Kinase

2- Manini

3- Tanimoto

4- Mohamadi

افزایش سطح GH پس از تمرین مقاومتی کم شدت BFR تک جلسه‌ای در تحقیق کیم^۱ و همکاران (۲۰۱۴) که بر روی زنان جوان انجام شد، کمی بیشتر از تحقیق حاضر بود. آنها دریافتند که سطح سرمی GH پس از یک جلسه تمرین مقاومتی کم شدت BFR سه برابر در مقایسه با زمان پیش از تمرین افزایش یافت [۹۷]. در برخی پژوهش‌های انجام شده، میزان افزایش سطح GH پس از تمرینات مقاومتی BFR بسیار زیاد است. تاکارادا و همکاران (۲۰۰۰) اظهار داشتند که میزان GH تا ۲۹۰ برابر پس از یک جلسه تمرین مقاومتی کم شدت BFR افزایش می‌یابد [۵۷]. تاکانو و همکاران (۲۰۰۵) نیز نشان دادند تمرین مقاومتی کم شدت BFR، غلظت GH را ۱۰۰ برابر سطح استراحتی افزایش می‌دهد [۵۰]. بعلاوه نتایج مطالعه‌ی اوزاکی و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان داد که پیاده‌روی همراه با BFR میزان GH را ۵ برابر بیشتر از حالت استراحت افزایش می‌دهد و این مقدار در مقایسه با مطالعات پیشین در مورد پیاده‌روی BFR برای مردان جوان، بالاتر بود [۱۰].

از آنجائیکه شدت تمرین در تحقیقاتی که نتایج متفاوتی در میزان افزایش GH گزارش کردند، تقریباً مشابه بود؛ لذا احتمالاً میزان فشار شریان بند، دلیل اصلی تفاوت بین مطالعات مختلف است. دلیل اصلی افزایش GH پس از راه رفتن BFR هنوز بطور کامل شناخته نشده است. اما تحریک بیشتر اعصاب محیطی آوران بویژه اعصاب محیطی تارهای عضلانی تندانقباض که در طول این تمرینات بکار گرفته می‌شوند [۱۱۶]؛ می‌تواند یکی از دلایل افزایش GH پس از راه رفتن کم شدت BFR باشد [۱۰]. از آنجائیکه برخی عوامل بی‌هوازی مانند افزایش تجمع متابولیت‌ها (اسید لاکتیک، ADP و غیره) و ایسکمی (ذخیره پایین اکسیژن در عضلات اسکلتی) موجب تغییرات میزان آتش بار واحدهای حرکتی می‌شود؛ که با بکارگیری الگوهای باعث افزایش سازگاریهای عصبی عضلانی و تحریک اعصاب محیطی آوران می‌شوند [۱۰، ۵۰، ۱۰۶]؛ لذا می‌توان گفت که افزایش گلیکولیز بی‌هوازی نیز در تمرین راه رفتن BFR دلیلی بر افزایش سطح GH است اگرچه استفاده از محدودیت جریان خون در حین راه رفتن نیز با افزایش اندک متابولیت‌ها همراه است؛ با این حال می‌تواند منجر به سازگاری‌های چشمگیر

1- Kim

و معناداری شود [۳۲]. در تحقیق حاضر، عوامل متابولیکی اندازه‌گیری نشده‌اند؛ که می‌تواند به عنوان یکی از محدودیت‌های تحقیق در نظر گرفته شود.

یکی از اعمال اصلی GH تحریک رهاسازی IGF-1 از کبد و بیان ژن IGF-1Ea و فاکتور رشدی مکانو^۱ (MGF) از عضله اسکلتی است [۱۱۷]. در خصوص پاسخ IGF-1 در گردش به تمرین مقاومتی سنگین که بطور مستقیم از کبد آزاد می‌شود، ابهاماتی وجود دارد. بر اساس شواهد پژوهشی موجود، مکانیسم پاسخ IGF-1 در گردش به تمرین مقاومتی کم شدت BFR در مطالعات مختلف، متفاوت است. تاکانو و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که سطح IGF-1 در گردش بطورحاد، بلافاصله پس از تمرین مقاومتی کم شدت BFR در مردان جوان ۱۰ تا ۳۰ برابر افزایش می‌یابد [۵۰]. این در حالیست که فوجیتا و همکاران (۲۰۰۷) ۴۰ دقیقه پس از برنامه تمرینی مشابه برنامه تاناکو و همکاران، افزایشی در سطح IGF-1 در گردش مشاهده نکردند. افزایش در سطوح سرمی IGF-1 و GH در زمان-های متفاوتی پس از تمرین اتفاق می‌افتد [۲۹]. از اینرو، به نظر می‌رسد افزایش حاد در GH نمی‌تواند دلیل افزایش IGF-1 بلافاصله پس از تمرین باشد. زیرا سطح IGF-1 حتی ۱۶ تا ۲۸ ساعت پس از رهاسازی GH به اوج خود نمی‌رسد [۱۶]. در تحقیق حاضر، بین سطح سرمی IGF-1 گروه راه رفتن روی تردمیل با BFR با گروه راه رفتن روی تردمیل بدون BFR و گروه کنترل اختلاف معناداری مشاهده شد. این در حالیست که تفاوت بین سطح سرمی IGF-1 گروه راه رفتن روی تردمیل بدون BFR و کنترل به لحاظ آماری معنادار نبود.

تاکانو و همکاران (۲۰۰۵) افزایش سریع IGF-1 را در افراد جوان گزارش کردند. بر اساس برخی شواهد پژوهشی IGF-1 در گردش پس از ۲ هفته تمرین مقاومتی کم شدت BFR افزایش می‌یابد. این افزایش با افزایش ۸/۵ درصدی سطح مقطع عضله همراه است [۵۰]. اگرچه GH نیز پس از این نوع تمرینات افزایش می‌یابد؛ اما شواهدی دال بر اینکه افزایش GH دلیل واقعی افزایش سنتز پروتئین پس از تمرینات BFR است، وجود ندارد. بر اساس نتایج برخی پژوهش‌های اخیر، هورمون‌های

آنابولیک برای رشد عضله ضروری نیستند [۱۱۷، ۱۱۸]. از اینرو پیشنهاد شده است که این سازگاری‌ها می‌تواند بطور موضعی در عضلات به‌ویژه عضلات تمرین‌کرده اتفاق بیافتد. نتایج برخی مطالعات حاکی از تأثیر تمرین مقاومتی کم شدت BFR در سطح موضعی، بویژه در اتصال مولکول‌های مختلف DNA برای تولید ژن IGF-1 است [۱۱۹]. اینکه آیا پاسخ GH به تمرین کم شدت BFR به خودتنظیمی مثبت در اتصال مولکول‌های مختلف ژن IGF-1 کمک می‌کند، هنوز بطور دقیق مشخص نشده‌است. یافته‌های پیشین نشان می‌دهد که تمرین مقاومتی کم شدت BFR پس از ۳ ساعت، باعث خودتنظیمی مثبت در بیان ژن MGF یا IGF-1R نمی‌شود [۴۸]. مانینی و همکاران (۲۰۰۹) نیز نشان دادند که بیان ژن IGF-1 ۸ ساعت پس از تمرین تغییر نمی‌کند. لذا، محققان این احتمال را مطرح کردند که ۳ ساعت زمان بهینه‌ای برای تغییر بیان ژن MGF و IGF-1Ea نیست [۴۸]. پیوند IGF-1 با گیرنده‌های غشایی تیروزین کیناز که در فعال سازی متوالی چندین کیناز K3PI, Akt, mTOR, و p70s6k نقش دارند، سبب افزایش سنتز پروتئین می‌گردند که مرحله‌ای ضروری در افزایش هایپرتروفی عضله اسکلتی است. فعال سازی مسیر Akt سبب فعال سازی mTOR می‌شود که در واقع ژن هدف p70s6k را فعال می‌سازد و موجب افزایش سنتز پروتئین و بنابراین هایپرتروفی عضلانی می‌شود. از سوی دیگر IGF-1 تکثیر سلول‌های ماهواره‌ای را تحریک می‌کند و یکی از عملکردهای اولیه پاسخ های هورمونی و ایمنی به تمرینات BFR نیز همین فعال سازی سلول‌های ماهواره‌ای می‌باشد [۱۰۵]. سلول‌های ماهواره‌ای، سلول‌های تک هسته‌ای کوچکی در بین غشای پایه و غشای سیتوپلاسمی هستند که در پاسخ به فشار حاصل از تمرینات سنگین یا ضربه در عضله، فعال شده و میوبلاست‌ها را تشکیل می‌دهند و در نهایت به فیبرهای عضلانی تبدیل می‌شوند. در واقع این سلول‌ها، سلول‌های بنیادی خاص هستند که تقریباً در هر بافتی یافت می‌شوند و در رشد طبیعی، جایگزینی و ترمیم بافت بعد از آسیب شیمیایی و مکانیکی نقش دارند و تعداد آنها به سن، نوع فیبر عضلانی و محل سلول در راستای فیبر بستگی دارد. این سلول‌ها به طور طبیعی غیرفعال‌اند. سلول‌های ماهواره‌ای در واکنش به محرک‌های فیزیولوژیکی مثل ورزش و شرایط پاتولوژیکی مانند جراحی

یا بیماری فعال می‌شوند تا میوبلاست‌ها را که قادر به ترکیب و تشخیص هستند، تولید کنند [۱۲۰]. سلول‌های ماهواره‌ای به شدت به وسیله‌ی عوامل خارجی تنظیم می‌شوند که از جمله‌ی سیگنال‌های تأثیرگذار، فاکتور رشد تغییر شکل دهنده‌ی بتا^۱ ($TGF-\beta$)، عامل رشد فیبروبلاستی^۲ (FGF) و میوستاتین (Myostatin) می‌باشند. مطالعات نشان می‌دهد که راه رفتن BFR باعث افزایش تعداد سلول‌های ماهواره‌ای و از طریق پیوند سلول‌های ماهواره‌ای به تارهای موجود باعث افزایش نسبت DNA به حجم سیتوپلاسم و بالا رفتن سنتز پروتئین در تارهای موجود می‌شود [۱۰۵]. شواهد نشان می‌دهد که در راه رفتن BFR فعال شدن سلول‌های ماهواره‌ای باعث بیان فاکتورهای میوژنیک مانند میوژنین و میوستاتین می‌شود [۵۸]. این موضوع اشاره دارد به اینکه ژن‌های میوژنیک دارای واکنش تأخیری هستند. شدت پایین در راه رفتن BFR یکی از عوامل تأخیر در پاسخ است. میوستاتین یک تنظیم کننده و محدود کننده‌ی رشد سلول‌های عضلانی است، نتایج مطالعات نشان داد در موش‌هایی که ژن میوستاتین در آنها بی اثر شده بود، باعث افزایش رشد و هایپرتروفی عضلانی می‌شود. میوستاتین از تکثیر سلول‌های ماهواره‌ای جلوگیری می‌کند. بیان ژن میوستاتین در سلول‌های عضلانی به دنبال بارهای مکانیکی و تمرینات BFR کاهش می‌یابد [۱۲۱]. لذا محدود شدن جریان خون از طریق کمبود اکسیژن و تجمع متابولیت‌ها می‌تواند تغییراتی در میوستاتین ایجاد کند که منجر به هایپرتروفی عضلانی گردد [۱۷،۲۰].

علاوه بر مکانیسم ذکر شده لئونیک^۳ و همکاران (۲۰۱۲) مکانیزم جدیدی را ارائه کردند که بر اساس آن احتباس آب و متورم شدن سلول عضلانی در تمرین به شیوه BFR بدون افزایش تجمع زیاد متابولیت‌ها و یا فراخوانی تارهای تندانبض، باعث ایجاد تغییراتی در میوستاتین و هایپرتروفی عضلانی می‌گردد. متورم شدن سلول عضلانی موجب تغییراتی در شکل‌گیری پروتئین‌ها می‌شود. تورم سلولی قادر به جلوگیری از کاتابولیسم پروتئین و تغییر بالانس پروتئین به سمت آنابولیسم می‌باشد

1-Transforming Growth Factor-beta

2- Fibroblast Growth Factor

3- Loenneke

[۱۲۲]. مطالعات نشان داده است که متورم شدن سلول می‌تواند موجب مزایای آنابولیک در تمرینات BFR شود و از طریق افزایش لیپولیز نیز بر روند متابولیسم تاثیرگذار باشد [۱۲۲، ۱۲۳]. مکانیزم دقیق به دنبال متورم شدن سلول روشن نیست. در تحقیق حاضر، بیان ژن‌های میوژنیک ارزیابی نشده است؛ اما احتمال دارد احتباس آب و تورم سلولی در حین تمرین بتواند توجهی بر افزایش سطح IGF-1 در مقایسه با سایر مطالعات و افزایش اندک و غیر معنادار اندازه توده عضلانی باشد.

از سوی دیگر مکانیسم دقیق درگیر در سازگاری قدرت عضلانی پس از تمرین کم شدت BFR بطور کامل شناخته نشده است. اگرچه تمرکز در مطالعات، بیشتر بر سازگاری‌های محیطی مانند هایپرتروفی است، اما احتمالاً سازگاری‌های عصبی نیز می‌توانند نقش مهمی در افزایش قدرت عضلانی بازی کنند. بر اساس نتایج تحقیقات انجام شده، افزایش بکارگیری تارهای عضلانی تندانقباض در تمرین کم شدت BFR قویترین مکانیسم احتمالی شناخته شده است [۵۴، ۱۱].

بر اساس نتایج برخی مطالعات، افزایش اندازه‌های آنتروپومتریکی پس از یک جلسه ورزش همراه با BFR بیانگر افزایش در هایپرتروفی عضلانی است [۹۷]. یکی از محدودیت‌های تحقیق حاضر، عدم اندازه‌گیری دقیق هایپرتروفی عضلانی است. افزایش کم و غیر معنادار اندازه دور ران در تحقیق حاضر، از یافته‌های پژوهش‌هایی حمایت می‌کند که معتقدند افزایش اندازه‌های آنتروپومتریکی پس از یک جلسه ورزش همراه با BFR می‌تواند ناشی از افزایش تجمع آب میان بافتی باشد. به طور کلی ایجاد حوضچه خونی به هنگام محدود شدن جریان خون در ناحیه‌ای که کاف بسته شده است؛ تعادل آب داخل سلولی و خارج سلولی را برهم می‌زند. به بیان دیگر، محدود شدن جریان خون سیاهرگی می‌تواند باعث افزایش شیب فشار از بیرون سلول به درون سلول شود که این موضوع موجب افزایش جریان مایعات به داخل سلول می‌شود. علاوه بر آن، ایجاد یک محیط کم اکسیژن که در اثر بستن کاف به وجود می‌آید؛ موجب افزایش اندک متابولیت‌های درون سلول می‌شود. در نتیجه برای اینکه تعادل در جهت شیب اسمزی در دو طرف سلول برقرار شود، افزایش جریان آب به داخل سلول افزایش یافته و حجم سلول به طور موقت افزایش (متورم) می‌یابد [۱۲۲].

تجمع آب موجب راه اندازی یک مسیر پیامدهی آبشاری درون سلولی می‌شود. مکانیسم نقش این مسیر در تورم سلولی، عمدتاً نتیجه تحقیقات صورت گرفته بر روی سلول‌های کبدی است [۸]. در حین تمرین به همراه محدودیت جریان خون، افزایش تورم سلولی توسط گیرنده‌های حساس به حجم شناسایی می‌شود. فعال شدن گیرنده‌های حساس به افزایش حجم می‌تواند موجب فعال شدن مسیر پیامدهی mTOR و MAPK شود. به نظر می‌رسد راه اندازی این مسیر به فعال شدن G پروتئین و تیروزین کیناز وابسته باشد. زیرا نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که برخی از پاسخ‌های متابولیتی سلول-های کبدی که در پی متورم شدن آن به وقوع می‌پیوندد؛ با مهار G پروتئین و تیروزین کیناز به کلی از بین می‌رود [۷، ۱۲۲، ۱۲۴]. فعال شدن مسیر پیامدهی mTOR با ارسال پیام‌هایی بر روی سلول-های پایین دستی تأثیر گذاشته و با افزایش سنتز پروتئین، منجر به وقوع هایپرتروفی عضلانی می‌شود. تحقیقات نشان داده است که کاهش آب بدن باعث کاسته شدن از فعالیت مسیر mTOR می‌شود [۳۴، ۹۹، ۱۲۱]. بنابراین اگر استفاده از محدودیت جریان خون به طور موقت جریان آب به داخل سلول عضلانی را افزایش دهد و به این ترتیب موجب راه اندازی مسیر mTOR شود بنابراین، این فرضیه می‌تواند تا حدودی توجیه کننده‌ی کاهش آتروفی عضلانی به دنبال استفاده از محدودیت جریان خون باشد. به کارگیری تکنیک محدود کردن بازگشت وریدی به همراه تمرین موجب تجمع بیشتر متابولیت‌ها و تورم سلولی بیشتری در مقایسه با استفاده از محدودیت جریان خون به تنهایی می‌شود این افزایش حجم به وسیله سنسورهای درونی حساس به حجم کشف شده و موجب فعال شدن همزمان دو مسیر mTOR و MAPK می‌شود که منجر به سازگاری عضلانی بیشتری می‌شود [۱۲۲].

براساس نتایج تحقیقات انجام شده، حداقل ۴ هفته زمان لازم است تا برخی از اشکال هایپرتروفی پس از تمرینات مقاومتی شدید بدون BFR (تقریباً با شدت ۸۰ درصد 1RM) اتفاق بیفتد. این در حالیست که، نتیجه یک مطالعه موردی نشان داد که یک هفته تمرین مقاومتی کم شدت BFR با شدت ۲۰ درصد 1RM باعث افزایش ۳ درصدی سطح مقطع عضلانی گردید [۶۵]. در پژوهشی دیگر،

اب و همکاران (۲۰۰۵) افزایش ۸/۵ درصدی سطح مقطع عضلانی و یاسودا و همکاران (۲۰۰۵) نیز افزایش ۶ درصدی در سطح مقطع تارهای عضلانی نوع ۱ و ۲۸ درصدی در سطح مقطع تارهای عضلانی نوع ۲ را پس از ۲-۳ هفته تمرین گزارش کردند. آنها در تحقیقات خود، برای اندازه‌گیری سطح مقطع عضلانی از روش تصویرسازی تشدید مغناطیسی^۱ (MRI) استفاده کرده‌اند [۹۴، ۸].

شواهد رو به رشد نشان می‌دهد که هایپرتروفی عضلانی بعد از تمرین کم شدت BFR اتفاق می‌افتد [۸، ۵۳، ۵۴، ۹۴]. اما دلایل واقعی افزایش اندازه عضله پس از این تمرینات، هنوز بطور کامل شناخته نشده است. افزایش سنتز پروتئین‌های عضله برای ایجاد هایپرتروفی عضلانی ضروری است. کمپلکس هدف پستانداری راپامایسن^۲ (mTORC1) نقش مهمی در تحریک سنتز پروتئین‌های عضله دارد و فعال شدن آبشاری کیناز (ریبوزومی S6^۳ S6K1) مسئول مرحله اول ترجمه بیان ژن و افزایش سنتز پروتئین‌های عضله و هایپرتروفی عضلانی است. بر اساس شواهد پژوهشی موجود، تمرین مقاومتی کم شدت BFR باعث افزایش ۴۶ درصدی سنتز پروتئین‌های عضله از طریق این مسیر در افراد جوان [۲۹] و ۵۶ درصدی در افراد سالمند [۷] می‌شود. تحریک این مسیر از طریق افزایش فسفوریلاسیون S6K1 که در پاسخ به تمرین BFR اتفاق می‌افتد، با درصد تغییرات توده عضلانی ارتباط دارد [۱۱۳]. فوجیتا و همکاران (۲۰۰۷) و فرای^۴ و همکاران (۲۰۱۰) افزایش معنادار GH را همزمان با افزایش سنتز پروتئین‌های عضله، پس از تمرین مقاومتی کم شدت BFR و ازاکی و همکاران (۲۰۱۴) نیز افزایش معنادار GH را همزمان با افزایش سنتز پروتئین‌های عضله، پس از راه رفتن BFR گزارش کردند اما نقش آن در پیامدهی مسیر mTOR هنوز شناخته نشده است [۷، ۱۰، ۲۹]. بعلاوه، مطالعات نشان می‌دهد راه رفتن همراه با BFR به صورت قابل توجهی سطح فسفوریلاسیون سیگنال تنظیم کننده کیناز خارج سلولی (ERK1/2) و سطح فسفوریلاسیون P38 را افزایش می‌دهد [۱۰، ERK]. پروتئینی است که نسبت به محیط خارج سلولی حساس است و آن را کیناز وابسته به محیط برون

1- Magnetic Resonance Imaging

2- Mammalian Target Of Rapamycin Complex 1

3- Ribosomal S6 kinase 1

4- Fry

سلولی می‌نامند. راه رفتن همراه با BFR مسیر ERK کیناز را که یک مسیر کلیدی از مسیرهای پیام‌رسانی سلولی است و منجر به فعال‌سازی بیان ژن‌های تقسیم سلولی می‌شود فعال می‌کند سپس پیام توسط گیرنده‌های سطح غشایی به پروتئینی موسوم به Ras منتقل شده و Ras نیز با اتصال به یک مولکول GTP فعال می‌گردد. فعال شدن این مولکول مسیر آبشار کیناز را به راه می‌اندازد که خود می‌تواند منجر به هایپرتروفی عضلانی گردد [۱۰،۳۲]. نتایج مطالعه‌ی ازاکی و همکارانش (۲۰۱۴) نشان داد راه رفتن همراه با BFR سطح فسفوریلاسیون ERK 1/2 و P38 را در مردان جوان افزایش می‌دهد و این افزایش حدود ۵ برابر بیش از استراحت کردن بود. همچنین در این پژوهش، غلظت هورمون GH پس از حدود یک ساعت راه رفتن، به حدود 16 ng mL^{-1} رسید و این مقدار در مقایسه با مطالعات پیشین در مورد راه رفتن BFR برای مردان جوان، بالاتر بود [۱۰]. بر اساس مطالعات انجام شده به نظر می‌رسد فعال شدن Erk1/2 علاوه بر شدت ورزش، همچنین به تعداد انقباضات صورت گرفته در حین ورزش نیز، حساس باشد [۱۰،۱۲۵]. بنابراین، با در نظر گرفتن اینکه فسفوریلاسیون Erk1/2 با افزایش شدت ورزش و تعداد انقباض‌های عضلات اسکلتی انسان، افزایش پیدا کند، معقول است که افزایش کمتر در پژوهش حاضر ممکن است به سبب حالت ورزش باشد.

بر اساس مطالعات انجام شده، تمرینات BFR باعث افزایش پاسخ غدد درون ریز به تمرین می‌شود [۱۱۵]. نتایج تحقیق حاضر نشان داد پس از یک جلسه ورزش، بین سطح سرمی کورتیزول گروه راه رفتن روی تردمیل با BFR و گروه راه رفتن روی تردمیل بدون BFR با گروه کنترل اختلاف معناداری مشاهده شد. این در حالیست که تفاوت بین سطح سرمی کورتیزول در دو گروه تمرین معنادار نبود. گروه راه رفتن روی تردمیل با BFR و گروه راه رفتن روی تردمیل بدون BFR به لحاظ آماری معنادار نبود. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با و بدون BFR تأثیر معناداری بر سطح سرمی کورتیزول دارد. به بیان دیگر، در تحقیق حاضر، الگوی تغییرات کورتیزول پس از راه رفتن روی تردمیل با BFR و بدون BFR تقریباً مشابه بوده و محدود شدن جریان خون باعث تغییر الگوی این متغیرها در گروه BFR نشد. بر اساس نتایج تحقیقات پیشین، سطح سرمی

کورتیزول پس از تمرین BFR بطور حاد افزایش می یابد [۲۱،۷۷]. ساز و کارهای زیادی در بدن وجود دارند که باعث تغییر غلظت هورمون کورتیزول می شوند، نوع و شدت فعالیت ورزشی و فشارهای روانی یکی از نیرومندترین و تأثیرگذارترین محرکها بر میزان ترشح این هورمون است [۱۲۶]. همچنین عوامل فیزیولوژیکی و تغییرات شبانه روزی و نیز تغییرات وابسته به غذا و دما بر ترشح سطح هورمون کورتیزول از بخش قشری تأثیرگذار است [۱۲۷]. به نظر می رسد دلیل افزایش غلظت کورتیزول در شرایط استرسی و فشارهای جسمانی، تغییر در نحوه عملکرد محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال باشد [۱۲۶،۱۲۸]. این در حالیست که، دلیل اصلی افزایش هورمون کورتیزول پس از تمرینات BFR هنوز بطور کامل شناخته نشده است. تغییرات سطح کورتیزول پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با BFR در تحقیق حاضر، با نتایج تحقیق فوجیتا و همکاران (۲۰۰۷)، مادارام و همکاران (۲۰۱۰)، فرای و همکاران (۲۰۱۰)، کیم و همکاران (۲۰۱۴) و محمدی و همکاران (۱۳۹۳) همخوانی دارد. آنها نشان دادند تمرینات مقاومتی BFR باعث افزایش سطح هورمون کورتیزول می شود که این با افزایش ناشی از تمرینات مقاومتی با شدت بالا برابری می کند. محققان بر این باورند که بستن کاف و محدود کردن جریان خون در تمرینات BFR با ایجاد هیپوکسی و اسیدوز و افزایش سطح لاکتات خون باعث افزایش ترشح هورمون کورتیزول می گردد [۷،۲۸،۶۰،۹۷]. از اینرو می توان گفت که افزایش گلیکولیز بی هوازی در تمرین کم شدت BFR به دلیل محدود شدن جریان خون و در تمرین شدید بدون BFR به دلیل شدت زیاد تمرین، دلیلی بر افزایش سطح کورتیزول است. کورتیزول به عنوان هورمونی کاتابولیک، لیپولیز در بافت چربی و شکسته شدن پروتئینها را افزایش داده و سنتز پروتئینها را در سلولهای عضلانی کاهش می دهد و موجب افزایش رهایی چربیها و اسیدهای آمینه به جریان خون می شود [۱۲۹]. این هورمون اثر کاتابولیکی بر روی پروتئینهای میوفیبریل دارد و سنتز پروتئین را مهار می کند [۱۶]. علاوه بر این، آثار کاتابولیکی کورتیزول بر فیبرهای عضلانی نوع دوم بیشتر و بزرگتر از نوع اول است [۱۳۰]. لذا، تحریک اعصاب محیطی تارهای عضلانی تندانقباض در طول تمرین کم شدت BFR، می تواند یکی دیگر از دلایل افزایش کورتیزول پس از این تمرینات

باشد [۱۱۶]. کورتیزول همچنین در مرحله‌ای بین ورود گلوکز و تجزیه‌ی نهایی آن به طور مستقیم مصرف گلوکز را به تأخیر می‌اندازد و از این طریق موجب کاهش میزان مصرف گلوکز توسط سلول‌ها در سراسر بدن می‌شود [۶۳، ۱۲۶، ۱۳۱].

یافته‌های حاصل از این تحقیق با نتایج تحقیق ریویس وهمکاران (۲۰۰۶) و اب و همکاران (۲۰۰۵) که عدم تغییر در هورمون کورتیزول را پس از تمرین مقاومتی کم شدت BFR گزارش کرده‌اند [۳۳، ۹۸]، همخوانی ندارد. از آنجائیکه شدت تمرین در تحقیقاتی که نتایج متفاوتی در میزان افزایش هورمون کورتیزول گزارش کردند، تقریباً مشابه است، بنابراین احتمالاً میزان فشار شریان بند، دلیل اصلی تفاوت بین مطالعات مختلف است. به طور کلی بر اساس نتایج تحقیق حاضر، اگرچه الگوی تغییر سطح سرمی هورمون‌های کورتیزول، GH، IGF-1 در هر دو گروه تمرینی مشابه است، اما در پروتکل‌های کوتاه مدت، تمرین راه رفتن کم شدت BFR می‌تواند باعث افزایش بیشتر هورمون‌های آنابولیک-کاتابولیک در مقایسه با تمرین راه رفتن بدون BFR در زنان جوان شود. از اینرو به لحاظ کاربردی، به نظر می‌رسد محدود شدن جریان خون در تمرین راه رفتن روی تردمیل خود عامل مهمی در ایجاد پاسخ‌های حاد هورمونی است و محدودیت اجرایی کمتری در مقایسه با تمرینات قدرتی با شدت بالا دارد و در عین حال اهدافی را که از تمرینات با شدت بالا انتظار می‌رود، برآورده می‌سازد و برای طیف وسیع‌تری از مردم، از جمله افراد غیرفعال، ضعیف، بیمار و مسن قابل اجرا است. با اینحال، به دلیل محدود بودن تحقیقات از این دست، برای درک صحیح و دقیق مکانیسم پاسخ‌های هورمونی به تمرینات BFR تحقیقات گسترده‌تری لازم است.

۵-۳-۲- تأثیر یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با BFR بر برخی عوامل همودینامیک

در ارتباط با عوامل همودینامیک نتایج پژوهش حاضر نشان داد که یک جلسه راه رفتن روی تردمیل در حالیکه جریان خون در فوقانی‌ترین بخش عضله چهارسر توسط یک تورنیکت جراحی محدود شده بود، باعث افزایش معنادار مقادیر HR، SBP، MAP و RPP دختران جوان در مقایسه با مقادیر پیش از تمرین شد. تفاوت تمام این متغیرها بجز MAP در گروه ورزشی که بر روی تردمیل بدون BFR راه

رفتند، نیز در مقایسه با مقادیر پیش از تمرین معنادار بود. این موضوع بیانگر آن است که الگوی تغییرات عوامل همودینامیک در هر دو گروه مشابه بوده و محدود شدن جریان خون باعث تغییر الگوی این متغیرها در گروه BFR نشد. این نتایج با یافته پژوهش‌های تاکانو و همکاران (۲۰۰۵)، رنزی و همکاران (۲۰۱۰)، روسو و همکاران (۲۰۱۱)، اوزاکی و همکاران (۲۰۱۱) همخوانی دارد [۱،۳۲،۵۰،۸۲]. بر اساس نتایج تحقیق حاضر، ۲۰ دقیقه پس از ورزش، میزان SBP در هر دو گروه ورزش در مقایسه با قبل از ورزش افزایش معناداری یافت؛ همچنین در پایان ورزش، مقدار SBP در گروه ورزش BFR در مقایسه با گروه بدون BFR و کنترل بیشتر بود. بر اساس اطلاعات محقق، اگرچه تحقیقات محدودی پاسخ عوامل همودینامیک را به تمرینات BFR بررسی کرده‌اند؛ اما به دلیل ماهیت تمرینات BFR که جریان خون با بستن کاف محدود می‌شود، محققان به منظور بررسی خطرات احتمالی، عوامل همودینامیک را در حین تمرین کنترل می‌کنند. یافته قابل تأمل تحقیق حاضر، بیشتر بودن مقدار SBP در گروه ورزش BFR در مقایسه با گروه بدون BFR بود. افزایش فشارخون در پاسخ به فعالیت ورزشی یک جلسه‌ای یک تأثیر فیزیولوژیک مورد انتظار محسوب می‌شود. افزایش میزان SBP و نیز حداکثر ضربان قلب در زمان اوج فعالیت، بیانگر عملکرد بهینه قلب در زمان فعالیت، خون‌رسانی بهتر و در نتیجه برآورده شدن مطلوب نیاز اکسیژنی عضله قلب در حین فعالیت است [۸۲]. در این راستا، تاکانو و همکاران (۲۰۰۵) و رنزی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که HR و SBP زمان تمرین، بطور قابل توجهی در تمرینات BFR افزایش می‌یابد [۱،۵۰]. بطور کلی، افزایش فشار خون ناشی از انجام تمرینات بدنی، تابعی از مقدار خون تخلیه شده به داخل گردش خون سرخرگی یا افزایش برون ده قلب است [۳۶]. علاوه بر آن، تغییرات شدید HR به عنوان یکی از مؤلفه های اساسی برون ده قلب می‌تواند در حین انجام تمرینات ورزشی و به دلیل افزایش تحرکات سمپاتیکی و یا کاهش اثر پاراسمپاتیکی در افزایش فشار وارده به قلب مؤثر باشد [۱۳۲]. شواهدی وجود دارد دال بر اینکه تراکم و فشردگی دستگاه سرخرگی پیرامونی در حین انجام ورزش نیز می‌تواند باعث افزایش چشمگیر و سریع مقاومت عروقی و فشار خون سرخرگی (سیستولی) شود. این

افزایش به همراه ضربان قلب بالا حین ورزش می‌تواند در افزایش حاصل ضرب ضربان در فشار (RPP) و یا فشار وارده به عضله قلب مؤثر باشد [۳۶]. عامل احتمالی دیگر برای توجیه افزایش SBP به هنگام فعالیت ورزشی، افزایش تحریک عصب سمپاتیک متناسب با افزایش شدت فعالیت است. تحریک سمپاتیک در طول ورزش باعث افزایش ترشح کاتکولامین‌ها متناسب با شدت فعالیت می‌شود [۱۳۳]. بر اساس برخی شواهد موجود، تجمع مواد حاصل از متابولیسم و کمبود اکسیژن در طی ورزش BFR، پاسخ غدد درون ریز به تمرین ورزشی را افزایش می‌دهد [۱۳۴]. افزایش ترشح کاتکولامین‌ها که باعث افزایش ضربان و انقباض‌پذیری قلب و همچنین افزایش برون ده قلبی می‌شود، از جمله این پاسخ‌ها هستند که باعث افزایش فشار شریانی می‌شود [۱،۴۹]. بر این اساس، در ورزش با شدت پایین و با محدودیت جریان خون این احتمال وجود دارد که ایسکمی ناشی از BFR، از طریق افزایش مقاومت عروق محیطی و سیستمیک باعث افزایش نیاز عضله قلب به اکسیژن و در نهایت افزایش SBP شود [۳۲،۱۳۴]. کاهش شدید جریان خون عضله هنگام راه رفتن BFR عمدتاً به دلیل تغییر سطح عوامل شیمیایی موضعی است که به طور مستقیم بر آرتریول‌های عضله تأثیر گذاشته و باعث اتساع آنها می‌شود [۱]. کاهش اکسیژن ناشی از محدود کردن جریان خون در بافت عضلانی یکی از مهمترین عوامل شیمیایی است که نیاز به اکسیژن را تا دو برابر نسبت به حالت معمول افزایش می‌دهد. در این رابطه ترموتو اظهار داشت که تجمع محصولات متابولیکی از جمله یون‌های هیدروژن ناشی از افزایش غلظت پلاسمایی اسید لاکتیک تولید شده طی ورزش BFR، باعث تحریک اعصاب سمپاتیک شده و گیرنده‌های مکانیکی مربوط به عضلات مخطط را تحریک و فعال می‌نماید. فعال شدن گیرنده‌های متابولیکی که به گیرنده‌های منعکس‌کننده متابولیسم معروف هستند، باعث افزایش فعالیت عصب سمپاتیک در عضلات مخطط می‌شود که خود منجر به تحریک مراکز قلبی-عروقی و افزایش SBP می‌شود [۳۲،۴۹،۱۳۵].

در تحقیق حاضر میزان ضربان قلب پس از تمرین نیز در هر دو گروه ورزش در مقایسه با قبل از ورزش افزایش معناداری یافت؛ این در حالیست که پس از یک جلسه ورزش، بین ضربان قلب دو گروه

تفاوت معناداری مشاهده نشد. از آنجائیکه پاسخ HR تحت تأثیر ترکیبی از اطلاعات صادره از دستگاه قلبی-عروقی، دستگاه عضلانی و عصبی مرکزی قرار می‌گیرد، انقباضات مکرر، فعالسازی اعصاب آوران ناشی از کشش و افزایش متابولیت‌های ناشی از فعالیت سلولی می‌توانند در طول ورزش BFR باعث افزایش HR و SBP شوند [۱،۵۰]. در شروع فعالیت تحریک اعصاب سمپاتیک و رفلکس گیرنده‌های فشاری و در طول ورزش افزایش ترشح کاتکولامین‌ها مسئول این تغییرات شناخته شده‌اند [۱]. تحریک گیرنده‌های مکانیکی موجود در عضلات نیز در تحریک و فراخوانی واحدهای حرکتی و در نهایت ارسال پیام به دستگاه عصبی مرکزی، باعث مهار فعالیت اعصاب پاراسمپاتیک و افزایش HR می‌شوند [۱،۳۴،۱۳۶]. علاوه بر آن گزارش شده است که در ورزش BFR، برخلاف سایر ورزش‌ها، میزان افزایش حجم ضربه‌ای کمتر است؛ زیرا محدود کردن جریان خون عضلات بویژه عضلات اندام تحتانی باعث کاهش بازگشت وریدی و افزایش مقاومت عروقی می‌شود. لذا برای جبران کاهش حجم ضربه‌ای و حفظ برون ده قلبی، HR افزایش می‌یابد [۱،۳۴،۱۲۲].

یکی از عوامل همودینامیک که در تحقیق حاضر مورد بررسی قرار گرفت، حاصل ضرب فشارخون در ضربان قلب (RPP)، به عنوان شاخص میزان تقاضای اکسیژن قلب بود. بر اساس یافته‌های تحقیق حاضر، RPP در گروه BFR در مقایسه با قبل از ورزش و همچنین در مقایسه با گروه بدون BFR به طور معناداری افزایش یافت. از آنجائیکه RPP همبستگی بالایی با برون ده قلبی دارد [۵۱]، احتمالاً افزایش SBP در حین راه رفتن عامل اصلی افزایش RPP باشد. با اینحال، به دلیل اینکه کاهش جریان خون به سمت عضلات اسکلتی در ورزش‌های BFR با افزایش HR نیز همراه است [۱،۵۰]؛ از اینرو، به نظر می‌رسد هر دو عامل HR و SBP در افزایش RPP نقش داشته باشند.

در تحقیق حاضر همچنین MAP به عنوان تعیین کننده مقدار جریان خون در سیستم گردش عمومی مورد بررسی قرار گرفت. براساس یافته‌ها، مقدار MAP فقط در گروه ورزش BFR نسبت به قبل از ورزش بطور معناداری افزایش یافت. اگرچه MAP به عوامل فیزیولوژیکی متعددی مانند برون‌ده قلب، حجم خون، مقاومت در برابر جریان خون و ویسکوزیته خون بستگی دارد [۴۵]، اما نمی‌توان افزایش

آن در گروه BFR را صرفاً به محدود شدن جریان خون نسبت داد. زیرا این عوامل در پاسخ به تمرینات ورزشی بخصوص تمرینات مقاومتی با هر شدت تا حدودی افزایش می‌یابند. در زمینه عوامل همودینامیک، یافته‌های تحقیق حاضر با نتایج مطالعات اوکاموتو و همکاران (۲۰۰۶)، هوگت و همکاران (۲۰۰۴) و سومای و همکاران (۲۰۰۹) همسو نیست [۵۱،۵۲،۱۳۷]. به دلیل محدود بودن مطالعات در زمینه تأثیر تمرینات BFR بر عوامل همودینامیک، دلایل تفاوت در نتایج مطالعات، بروشنی شناخته نشده است. اما تفاوت در جنسیت آزمودنی‌ها، نوع و شدت فعالیت انجام شده می‌تواند از دلایل تناقض بین نتایج تحقیقات باشد. بعلاوه سطح آمادگی بدنی آزمودنی‌ها، دقت در شیوه‌های اندازه‌گیری، نوع کاف محدود کننده جریان خون (از نظر اندازه و جنس)، فشار کاف و مدت زمان استفاده از کاف نیز که می‌تواند بر میزان محدودیت جریان خون در طی ورزش تأثیر بگذارد [۲،۱۳۴]. از علل تناقض در نتایج تحقیقات از این دست بشمار می‌رود.

بطور کلی، براساس یافته‌های پژوهش حاضر افزایش عوامل همودینامیک ۲۰ دقیقه پس از پایان ورزش، بیانگر پاسخ عوامل همودینامیک به یک جلسه ورزش است که یک تأثیر فیزیولوژیک مورد انتظار می‌باشد. تغییر بیشتر این عوامل پس از ورزش BFR در مقایسه با ورزش‌های سنتی، بیانگر آن است که محدود شدن جریان خون خود به عنوان یک بار اضافی، قلب را بیشتر به چالش می‌کشد. از اینرو، قلب برای حفظ عملکرد و برآورده کردن نیازهای اکسیژنی عضله خود، با افزایش بیشتر ضربان قلب و فشار خون شریانی در حین ورزش و ۲۰ دقیقه پس از آن به این چالش پاسخ می‌دهد. یکی از محدودیت‌های تحقیق حاضر، عدم اندازه‌گیری عوامل همودینامیک در حین تمرین بود. اگرچه بر اساس یافته‌های تحقیق رنزی و همکاران (۲۰۱۰) تغییرات ایجاد شده در عوامل همودینامیک در حین ورزش تا ۲۰ دقیقه بعد از ورزش نیز در همان سطح باقی می‌ماند [۱]، اما بررسی این عوامل در حین ورزش می‌تواند اطلاعات دقیق‌تری در این زمینه در اختیار محققان قرار دهد. از نقطه نظر کاربردی، راه رفتن با شدت پایین همراه با محدود شدن جریان خون، می‌تواند اثرات مطلوبی بر شاخص‌های مرتبط با خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی گذاشته و برای پیشگیری از بیماری‌های قلبی-عروقی

مؤثر باشد اما به دلیل اینکه هنوز مکانیسم تغییرات همودینامیک در ورزش‌های کم شدت BFR به طور دقیق مشخص نشده است و تقریباً تمام مطالعات محدود انجام شده در این زمینه با تعداد آزمودنی‌های کمتر و سالم انجام شده است، لذا برای نتیجه‌گیری دقیق در زمینه چگونگی تغییر عوامل همودینامیک پس از تمرینات BFR تحقیقات گسترده‌تری لازم است.

۵-۴- پیشنهاد‌های پژوهش:

۵-۴-۱- پیشنهاد‌های کاربردی

- ✓ بر اساس نتایج تحقیق حاضر، تغییر سطوح هورمونی در دو گروه تجربی مشابه بود، لذا می‌توان گفت که برای ایجاد تغییر در مقدار غلظت هورمون‌های آنابولیک و کاتابولیک، تمرین راه رفتن با شدت کم همراه با محدود کردن جریان خون جایگزین مناسبی برای تمرین مقاومتی شدید سنتی است.
- ✓ با توجه با اینکه برنامه تمرینی ارائه شده روشی ساده و کاربردی برای افراد میانسال و کم‌تحرك است؛ لذا به نظر می‌رسد در طراحی و برنامه‌ریزی برنامه‌های تمرینی برای زنان میانسال این نوع تمرین مناسب و مطلوب باشد.
- ✓ در پژوهش حاضر، در هر دو برنامه ورزشی، یک جلسه راه رفتن با محدودیت جریان خون باعث افزایش غلظت هورمون‌های آنابولیک و کاتابولیک در مقایسه با پیش از تمرین شد. لذا افرادی که قصد دارند در یک مدت زمان کوتاه از تمرینات BFR برای افزایش قدرت و توده عضلانی استفاده نمایند، می‌توانند از حجم تمرین ارائه شده در تحقیق حاضر استفاده نمایند.
- ✓ بر اساس نتایج تحقیق حاضر، راه رفتن با شدت پایین همراه با محدود شدن جریان خون، می‌تواند اثرات مطلوبی بر شاخص‌های مرتبط با خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی گذاشته و برای پیشگیری از بیماری‌های قلبی-عروقی مؤثر باشد.

۵-۴-۲- پیشنهاد برای تحقیقات آتی

- ✓ پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی، تاثیر هورمون‌های آنابولیک و کاتابولیک پس از تمرینات پیاده‌روی کم شدت BFR طولانی مدت مورد مطالعه قرار گیرد.
- ✓ پیشنهاد می‌شود تاثیر پیاده‌روی کم شدت BFR، ۳۰ دقیقه پس از اجرای تمرین بر عوامل همودینامیک مورد مطالعه قرار گیرد.
- ✓ پیشنهاد می‌شود تاثیر پیاده‌روی کم شدت BFR بر عوامل خطرزای بیماری‌های قلبی-عروقی مورد مطالعه قرار گیرد.
- ✓ پیشنهاد می‌شود تاثیر پیاده‌روی کم شدت BFR، قبل حین و بعد از ورزش بر عوامل همودینامیک مورد مطالعه قرار گیرد.
- ✓ پیشنهاد می‌شود تاثیر تمرین پیاده‌روی کم شدت BFR بر سطح هورمون‌های آنابولیک و کاتابولیک در مردان جوان بررسی شود.
- ✓ پیشنهاد می‌شود تاثیر پیاده‌روی کم شدت BFR بر توده‌ی عضلانی زنان میانسال بررسی شود.
- ✓ پیشنهاد می‌شود تاثیر ۸ هفته تمرین پیاده‌روی کم شدت BFR بر سطوح هورمونی مرتبط با قدرت و اندازه عضله در زنان و مردان جوان بررسی شود.
- ✓ بر اساس نتایج تحقیقات انجام شده، حداقل فشار کاف جهت محدود کردن جریان خون ۱۰۰ میلی‌متر جیوه گزارش شده است و فشار کاف در تحقیق حاضر ۱۴۰ میلی‌متر جیوه است لذا پیشنهاد می‌شود تاثیر تمرین پیاده‌روی BFR با فشاری بالاتر از ۱۴۰ میلی‌متر جیوه نیز بر سطح هورمون‌های آنابولیک و کاتابولیک روی زنان و مردان جوان بررسی شود.
- ✓ پیشنهاد می‌شود از سایر پروتکل‌های ورزشی کم شدت که همراه با محدودیت جریان خون باشد استفاده گردد و نتایج آن با نتایج پژوهش حاضر مقایسه شود.

منابع

,

ماخذ

- [1] Renzi CP. Tanaka H. Sugawara J. (2010) “Effects of Leg Blood Flow Restriction during Walking on Cardiovascular Function” **Med Sci Sports Exerc**;April;42(4):726-32.
- [2] Christopher AF. Loenneke JP. Rossow LM. Thiebaud RS. Bemben MG.(2012) “Methodological considerations for blood flow restricted resistance exercise” **Journal of Trainology**;1,14-22.
- [3] Christopher Raymond B.S.,(2013), for the Degree Master of science.thesis, “high intensity strength training in conjunction with vascular occlusion”, in Partial Fulfillment of the Requirements,Texas State University-San Marcos,
- [4] Daniel W.,(2012),PhD.Thesis, “The Impact of Exercise-Induced Hormonal Changes on Human Skeletal Muscle Anabolic Responses to Resistance Exercise” Philosophy.depart. McMaster University,
- [5] Miyachi M. Kawano H. Sugawara J. Takahashi K. Hayashi K. Yamazaki K. et al.(2004) “Unfavorable effects of resistance training on central arterial compliance: a randomized intervention study” **Circulation**; 110(18):2858-63.
- [6] Roth SM. Martel GF. Ivey FM. Lemmer JT. Metter EJ. Hurley BF.et al.(1985) “High-volume, heavy-resistance strength training and muscle damage in young and older women” **J Appl Physiol**; 88(3):1112-18.
- [7] Fry CS. Glynn EL. Drummond MJ. Timmerman KL. Fujita S. et al.(2010) “Blood flow restriction exercise stimulates mTORC1 signaling and muscle protein synthesis in older men” **J Appl Physiol**;108:1199-209.
- [8] Abe T. Yasuda T. Midorikawa T. Sato Y. Kearns CF. Inoue K .et al.(2005) “ Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily “kaatsu” resistance training” **Int J Kaatsu Training Res**; 1: 6-12.
- [9] Nishimura A. Masaaki S. Kato K. Fukuda A. Sudo A. Uchida A.(2010) “Hypoxia increases muscle hypertrophy induced by resistance training” **Int J Sports Physiol Perform**; 5: 497-508.
- [10] Ozaki H. Kakigi R. Kobayashi H. Loenneke J P. Abe T. Naito H.(2014) “Effects of walking combined with restricted leg blood flow on mTOR and MAPK signalling in young men” **Acta Physiologica**; 10: 1-9.
- [11] Suga T. Okita K. Morita N.et al.(2009)“Intramuscular metabolism during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction” **J Appl Physiol**;106(4): 1119-1124.

[12] Filaire E. Lac G.(2000) "Dehydroepiandrosterone (DHEA) rather than testosterone shows saliva androgen responses to exercise in elite female handball players" **Int J Sports Med**; 21(1):17-20.

[13] Obmiński Z. Stupnicki R.(1997) "Comparison of the testosterone-to-cortisol ratio values obtained from hormonal assays in saliva and serum" **J Sports Med Phys Fitness**; 37(1):50-55.

[14] Buono MJ. Yeager JE. Hodgdon JA.(1985) "Plasma adrenocorticotropin and cortisol responses to brief high-intensity exercise in humans" **J Appl Physiol**; 61(4):1337-39.

[۱۵] صفرزاده گرگری ص، (۱۳۸۹)، کارشناسی ارشد، "بررسی تأثیر دو نوع تمرین مقاومتی، بر پاسخ

حاد غلظت کورتیزول پلاسما در مردان ورزشکار"، **دانشکده پزشکی، گروه عمومی، دانشگاه محقق**

اردبیلی.

[16] Kraemer WJ. Staron RS. Hagerman FC. Hikida RS. Fry AC. Gordon SE. et al. (1998) "The effects of short-term resistance training on endocrine function in men and women" **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**; 78(1):69-76.

[17] Baechle T.R. and R.W.Earle.(2000) "**Essentials Of Strength Training and Conditioning**" Champaign IL: Human Kinetics.41: 110-123

[18] Brill KT. Weltman AL. Gentili A. Patrie JT. Fryburg DA. Hanks JB. et al.(2002) "Single and combined effects of growth hormone and testosterone administration on measures of body composition, physical performance, mood, sexual function, bone turnover, and muscle gene expression in healthy older men" **J Clin Endocrinol Metab**; 87(12):5649-57.

[19] Wilmore JH. Costill DL. "**Physiology of sport and exercise**" Trans Moeini Z, Rahmaninia F. Rajabi H. AghaAli Nejad H. Salami F. Tehran: Mobtakeran;1994. P. 148-167

[20] Hansen S. Kvorning T. Kjaer M. Sjøgaard G.(2001) "The effect of short-term strength training on human skeletal muscle: the importance of physiologically elevated hormone levels" **Scand J Med Sci Sports**; 11(6):347-54.

[21] Mc Ardel WD. Katch FI. Katch VL.(2007) "**Exercise physiology (Energy, Nutrition, and Human Performance)**". 6th ed. Philadelphia: Lippincot Williams and Wilkins

- [22] LeRoith D, Bondy C, Yakar S, Liu JL, Butler A.(2001) "The somatomedin hypothesis". **Endocr Rev**; 22(1):53-74.
- [23] Pavelić J, Matijević T, Knezević J.(2007) "Biological and physiological aspects of action of insulin-like growth factor peptide family" **Indian J Med Res**; 125(4):511-22.
- [24] Parkhouse WS, Coupland DC, Li C, Vanderhoek KJ.(2000) "IGF-1 bioavailability is increased by resistance training in older women with low bone mineral density". **Mech Ageing Dev**. 113(2):75-83.
- [25] Yasuda T, Ogasawara R, Sakamaki M, Ozaki H, Sato Y, Abe T.(2011) "Combined effects of low-intensity blood flow restriction training and high-intensity resistance training on muscle strength and size" **Eur J Appl Physiol**; 111: 2525-2533.
- [26] Abe T, Sakamaki M, Fujita S, et al.(2010) "Effects of low-intensity walk training with restricted leg blood flow on muscle strength and aerobic capacity in older adults" **J Geriatr Phys Ther**; 33(1) : 34-40.
- [27] Takarada Y, Tsuruta T, Ishii N.(2004) "Cooperative effects of exercise and occlusive stimuli on muscular function in low-intensity resistance exercise with moderate vascular occlusion" **Jap J Physio**;54: 585-592.
- [28] Fujita S, Abe T, Drummond MJ, Cadenas JG, Dreyer HC, Sato Y, et al.(2007) "Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis" **J Appl Physiol** ;103:903-910.
- [29] Fujita T, Brechue WF, Kurita K, et al.(2008) "Increased muscle volume and strength following six days of low-intensity resistance training with restricted muscle blood flow" **Int J KAATSU Training Res**;4(1):1-8.
- [30] Yasuda T, Brechue W, Fujita T, Shrikawa J, Sato Y, Abe T.(2009) "Muscle activation during low-intensity muscle contractions with restricted blood flow" **J Sport Sci**; 27: 479-89.
- [31] Kubo K, Komuro T, Ishiguro N, Tsunoda N, Sato Y, Ishii N, et al.(2006) "Effects of low-load resistance training with vascular occlusion on the mechanical properties of muscle and tendon" **J Appl Biomech** ;22:112-119.
- [32] Ozaki H, Sakamaki M, Yasuda T, Fujita S, Ogasawara R, Sugaya M, et al.(2011) "Increases in thigh muscle volume and strength by walk training with leg blood flow reduction in older participants" **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**; 66(3): 257-263.

- [33] Abe T. Kearns CF. Sato Y.(2005) “muscle size and strength are increased following walk Training with restricted venous blood flow from the leg muscle,kaatsu-walk training” **J Appl Physiol**; 100:1460-66.
- [34] Karabulut M. Abe T. Sato Y. Bembem MG.(2010) “The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men” **Eur J Appl Physiol**.Jan;108(1):147-55.
- [35] Akdur H. Yigit Z. Arabaci O. Mine GP. Huyla NG. Guzelsoy D.(2002) “Comparison of cardiovascular responses to isometric and isotonic exercise tests in chronic atrial fibrillation” *Jpn Heart J*; 43(6): 621-29.
- [36] Okamoto T. Masuhara M. Ikuta K.(2008) “Relationship between plasma endothelin-concentration and cardiovascular responses during high-intensity eccentric and concentric exercise” **Clin Physiol Funct Imaging**; 28(1): 43-48.
- [37] Sagiv M. Ben-Sira D. Goldhammer E. Direct vs.(1999) “indirect blood pressure measurement at peak anaerobic exercise” **Int j Sports Med**; 20(5): 275-78.
- [38] Miranda H. Simao R. Lemos A. Alexander Dantas BH. Baptista LA. Novaes J.(2005) “Analysis on the cardiac rate, blood pressure and doubled-product in different body positions in resisted exercises”. **Rev Bras Med Esporte**; 11(5): 276-9.
- [39] Petruzzello SJ. Landers DM. Hatfield BD .(1991) “Ametaanalysis on the anxiety-reducing effects of acute and chronic exercise” **Sports Med**; 11(5): 143-82.
- [40] Veloso J. Polito MD. Riera T. Celes R. Vidal JC. Bottaro M. (2010) “Effects of Rest Interval between Exercise Sets on Blood Pressure after Resistance Exercises” **Arq Bras Cardiology**; 2(3): 482-87.
- [41] Taghizadeh M. Ahmadizad S. Hovanloo F. Akbarinia A.(2013) “Hemodynamic changes in response to concentric and eccentric isokinetic contractions and subsequent recovery period” **Cardiovascular Nursing Journal**; 2(2): 48-56.
- [42] Gobel FL. Norstrom LA. Nelson RR. Jorgensen CR. Wanh Y.(1978) “The rate-pressure product as an index of myocardial oxygen consumption during exercise in patients with angina pectoris” **Circulation**; 57(3): 549-56.
- [43] Mayo JJ. Kravitz L.(1999) “A review of the acute cardiovascular responses to resistance exercise of healthy young and older adults”. **Journal of Strength & Conditioning Research**; 13(1): 90.

[44] Nagpal S. Walia L. Lata H. Sood N. Ahuja GK. (2007) "Effect of exercise on rate pressure product in premenopausal and postmenopausal women with coronary artery disease" **Indian J Physiol Pharmacol**; 51(3): 279-283.

[45] Sesso HD. Stampfer MJ. Rosner B. Hennekens ChC. Gaziano JM. Manson JE. et al. (2000) "Systolic and diastolic blood pressure, pulse pressure, and mean arterial pressure as predictors of cardiovascular disease risk in Men" **Hypertension**; 36(5): 801-7.

[46] Polito MD. Farinatti PTV. (2006) "Blood pressure behavior after counter resistance exercise: a systematic review on determining variables and possible mechanism" **Med Sport**; 4(2): 345-350.

[۴۷] حمید اراضی ح، دمیرچی ا، مهربانی ج، افخمی م ح، (۱۳۹۲) "اثر سه شدت فعالیت مقاومتی اندام فوقانی بر آستانه و ادراک درد، فشار خون و ضربان قلب مردان جوان غیر ورزشکار" **مجله دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد**، سال ۵۶، شماره ۱، ص ۴۷-۵۴.

[48] Manini TM . Clark BC. (2009) "Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health" **Exerc Sport Sci Rev**; 37(2): 78-85.

[49] Ozaki H. Yasuda T. Ogasawara R. Sakamaki-Sunaga M. Naito H. Abe T. (2013) "Effects of high-intensity and blood flow-restricted low-intensity resistance training on carotid arterial compliance: role of blood pressure during training sessions" **Eur J Appl Physiol**; Jan; 113(1): 167-74.

[50] Takano H. Morita T. Iida H. Asada K. Kato M. Uno K. et al. (2005) "Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow" **Eur J Appl Physiol**; 95: 65-73.

[51] Okamoto T. Masuhara M. Ikuta K. (2006) "Cardiovascular responses induced during high-intensity eccentric and concentric isokinetic muscle contraction in healthy young adults" **Clinical Physiology and Functional Imaging**; 26(1): 39-44.

[52] Huggett DL. Elliott ID. Overend TJ. Vandervoort AA. (2004) "Comparison of heart-rate and blood-pressure increases during isokinetic eccentric versus isometric exercise in older adults" **Journal of Aging and Physical Activity**; 12(2): 157.

[53] Takarada Y. Sato Y. Ishii N. (2002) "Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes" **Eur J Appl Physiol**; 86: 308-14.

- [54] Takarada Y. Takazawa H. Sato Y. Takebayashi S. Tanaka Y. Ishii N.(2000) "Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans" **J Appl Physiol**; 88(6): 2097–2106.
- [55] Burgomaster K . Moore D. Schofield L . Phillips S. Sale D . Gibala M.(2003) "Resistance training with vascular occlusion: metabolic adaptations in human muscle" **Med Sci Sports Exerc**;1203-1208.
- [56] Cook S . Clark B . Ploutz-Snyder L. (2007) "Effects of exercise load and blood-flow restriction on skeletal muscle function" **Med Sci Sports Exerc**; 39(10):1708-13.
- [57] Takarada Y. Nakamura Y. Aruga S. Onda T. Miyazaki S. Ishii N.(2000) "Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion" **J Appl Physiol**; 88: 61-65.
- [58] Kim JS. Cross JM. and Bamman MM. (2005) "Impact of resistance loading on myostatin expression and cell cycle regulation in young and older men and women" **Am J Physiol Endocrinol Metab**; 288:1110-1119.
- [59] Karabulut M, Abe T, Sato Y, Bembem M, Overview of neuromuscular adaptations of skeletal muscle to KAATSU Training, *Int J Kaatsu training Res*,(2007); 3: PP: 1-9.
- [60] Madarame H. Sasaki K. Ishii N.(2010) "Endocrine responses to upper-and lower limb resistance exercises with blood flow restriction" **Acta Physiol Hung**; 97:192–200.
- [61] Schoenfeld BJ. (2010) "The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training" **J Strength Cond Res**; 24(10):2857-72.
- [62] Agre P, K. L. (2002) "Aquaporin water channels-from atomic structure to clinical medicine" **Physiol**; 3-16.
- [63] Wernbom M. Jarrebring R. Andreasson MA. Augustsson J.(2009) "Acute effects of blood flow restriction on muscle activity and Endurance during fatiguing dynamic knee extentions at low load" **J Strength Cond Res**; 23(8):2389-95.
- [۶۴] حسینی کاخک ع، شریفی مقدم ا، حامدی نیا م، آذر نیوه م، (۱۳۹۰) "مقایسه ی اثر تمرینات قدرتی سنتی با تمرینات قدرتی همراه با انسداد عروق بر عملکرد عضلانی و استقامت قلبی - عروقی در دختران جوان" **نشریه ی علوم زیستنی ورزشی**، شماره ۱۰، ص ۹۵-۱۱۴.
- [65] Abe T. Beekley M. Hinata S. Koizumi K. Sato Y.(2005) "Day to day change in muscle strength and MRI-measured skeletal muscle size during 7 days kaatsu resistance training:Acase study" **Int J Kaatsu training Re**;1:71-76.

[۶۶] اسمیت دنیس ال، فرنهال بو (۱۳۹۲) "فیزیولوژی ورزشی قلبی-عروقی پیشرفته"، ترجمه گائینی ع، چوبینه س، چاپ دوم، انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه-ها (سمت)، ص ۱۰۷.

[۶۷] هال ج.ا (۱۳۹۳) "فیزیولوژی پزشکی گایتون وهال" جلد اول، بابایی پ، خاکپور ش، خدایی م، دکتر محمد رستم پور م، فتح اللهی ع.ر، گودرزی نژاد ح.م، نبوی زاده ف، نهانندی آ، چاپ سوم، انتشارات کتاب ارجمند با همکاری انتشارات غزال جوان، ص ۲۰۵.

[۶۸] هال ج.ا (۱۳۹۳) "فیزیولوژی پزشکی گایتون وهال" جلد دوم، ترجمه بابایی پ، خاکپور ش، خدایی م، دکتر محمد رستم پور م، فتح اللهی ع.ر، گودرزی نژاد ح.م، نبوی زاده ف، نهانندی آ، چاپ سوم، انتشارات کتاب ارجمند با همکاری انتشارات غزال جوان، ص ۱۳۳۵.

[69] Zewel MB. Dietary pattern and hypertension: The DASH study. Nutr Rev 1997; 303-8.

[۷۰] ویلمور جک اچ، کاستیل د.ل (۱۳۸۸) "فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی" جلد اول، ترجمه معینی ض. رحمانی نیا ف، رجبی ح، آقا علی نژاد ح، سلامی ف، چاپ سیزدهم، انتشارات مبتکران، تهران، ص ۲۰۳.

[۷۱] مک لوگین د، دیوید وایت ج.ا (۱۳۹۱) "فیزیولوژی انسان" گائینی ع، هاشمی ن، رزمجو س، محمد زاده خ، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه پیام نور، ص ۱۶۴.

[۷۲] بیگلی ل، سیلاجی پ (۱۳۹۰) "معاینه بالینی و گرفتن شرح حال باربارا بیتز"، ترجمه رفیعی ر، منتظری م، شرکاء ع.ر، رازقی س، صرافی نوری آ، چاپ دوم، انتشارات ارجمند، تهران، ص ۱۱۶-۱۲۲.

[۷۳] سندگل ح، (۱۳۷۰) "فیزیولوژی انسان" جلد اول، چاپ دوم، انتشارات یزد، یزد.

[74] Powers S. Howley ET.(2004) "Exercise Physiology" Fifth Ed, Champaign, IL: McGraw Hill

[75] Kraemer RR, Hollander DB, Reeves GV, Francois M, Ramadan ZG, Meeker B, et al. (2006) "Similar Hormonal Responses to Concentric and Eccentric Muscle Actions Using Relative Loading" **Eur J Appl Physio**, 96: 551-57.

[76] Wilson JD. Foster DW. Kroeberg HM. Larsen PR.(1998) "**Williams textbook of endocrinology**" 9 th Ed. W.B.SAUNDERS COMOANY

[77] Kraemer WJ . Ratamess NA.(2005) "Hormonal Responses and Adaptations To Resistance Exercise and Training" **Sports Med**;35:339-61.

[۷۸] کاتارینات. بورر(۱۳۸۹) "هورمون ها و فعالیت ورزشی" ترجمه‌ی گائینی ع، کوشکی جهرمی م، حامدی نیا م.ر، چاپ اول، انتشارات سمت، تهران، ص ۳۱۷-۳۱۸.

[۷۹] کاتلین ام.هی وود (۱۳۸۴) " رشد و تکامل حرکتی در طول عمر" ترجمه‌ی مهدی نمازی زاده، محمد علی اصلانخانی، چاپ ششم، انتشارات سمت، تهران.

[۸۰] مرندی م، محبی ح، قراخانلو ر، نادرغ، (۱۳۸۵) "تاثیر دوازده هفته تمرین مقاومتی بر پاسخ برخی از هورمون های آنابولیک" پژوهش در علوم ورزشی، شماره ۱۱، ص ۷۹-۹۱.

[۸۱] رسائی م ج، گائینی ع، ناظم ف، (۱۳۷۳) "سازگاری هورمون و ورزش" دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

[82] Rossow LM. Fahs Ch A. Sherk VD. Seo D. Bemben DA.(2011) "The effect of acute blood-flow-restricted resistance exercise on postexercise blood pressure" **Clin Physiol Funct Imaging**;31:429-434.

[۸۳] سنگدل ح (۱۳۷۲) "فیزیولوژی ورزش" انتشارات کمیته ملی المپیک جمهوری اسلامی ایران، تهران.

[84] Kraemer WJ. Volek JS. Bush JA. et al.(1998) "Hormonal responses to Consecutive days of heavy resistance exercise with or without nutritional Supplementation" **J. Appl Physiol**;85:1544-1555.

[85] Borst SE. De hoyos DV. Garzarella L.Vincent K. Pollock BP. Lawenthal DT. et al. (2001) "Effects of resistance training on IGF-1and IGF binding proteins" **Med Sci in Sports Exerc**; 33(4): 648-53.

[86] Elmigdad I.F., Shotar A., Abudheese R., Bashir N. (2001) "Stress from exercise in the below sea level environment causes an increase in serum testosterone levels in trained athletes" **Department of Biochemistry and Molecular Biology, School of Medicine, Jordan University**; 27(1-2): 19-23.

[۸۷] رزمجو س، رجبی ح، جنتی م، (۱۳۸۹) " اثر حاد و مزمن دو نوع تمرین مقاومتی هرمی و هرمی واژگون بر عامل رشد شبه انسولین سرمی در دختران غیرورزشکار " **پژوهش در علوم ورزشی**، شماره ۲۸، ص ۷۲-۵۷.

[88] Walker K.S., Kambadur R., Sharma M., Smith H.K. (2004) "resistance training alters plasma myostatin but not IGF-1 in healthy men" **Med Sci in Sports Exer**; 36(5):787-793.

[89] Esquard E., Colyl E. (2000) "Physical activity as a metabolic stressor" **Am J Chem Nutr**; 72:512-520.

[90] Marc M. (2001) "Plasma cortisol and ACTH concentrations in response to a standardized treadmill exercise test as physiological markers for evaluation of training status" **J Anim Sci**; 78, 1936-1946.

[91] Bjoro T., Hallen J. (2000) "Hormonal responses to high and moderate intensity strength exercise" **Eur J Appl Physical**; 82:121-8.

[92] Loenneke J.P., Fahs C.A., Wilson J.M., Bembem M.G. (2011) "Blood flow restriction: The metabolite/volume threshold theory" **Med Hypotheses**; 77(5):748-52.

[93] Farthing J.P., Chilibeck P.D. (2003) "The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy" **Eur J Appl Physiol**; 89:578-86.

[94] Yasuda T., Abe T., Sato Y., Midorikawa T., Kearns C.F., Inoue K. et al. (2005) "Muscle fibre cross-sectional area is increased after two weeks of twice daily KAATSU resistance training" **Int J Kaatsu Training Res**; 1: 65-70.

[95] Kraemer W.J. (2004) "**Neuroendocrine responses to resistance exercise**" In: Fleck S.J., Kraemer W.J. Editors. *Designing resistance training programs*. Champaign: Human Kinetics; P. 86-107

[96] Madarame H.I., Neya M., Ochi E., Nakazato K., Sato Y., Ishii N. "Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction" **Med Sci Sports Exerc**; 40(2):258-63.

- [97] Kim E. Gregg LD. Kim D. Sherk VD. Bemben MG. Bemben DA.(2014) “Hormone Responses to an Acute Bout of Low Intensity Blood Flow Restricted Resistance Exercise in College-Aged Females” **J Sports Sci Med**; 20;13(1):91-6.
- [98] Reeves GV. Kraemer RR. Hollander DB. Clavier J. Thomas C. Francois M. et al.(2006) “Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion” **J Appl Physiol**;101:1616-1622.
- [99] Abe T. Fujita S. Nakajima T. Sakamaki M. Ozaki H. Ogasawara R. et al.(2010) “Effects of low-intensity cycle training with restricted leg blood flow on thigh muscle volume and VO₂max in young men” **J Sports Sci and Med**;9: 452-58.
- [100] Karabulut M. Bemben DA. Sherk VD. Anderson MA. Abe T. Bemben MG.(2011) “Effects of high-intensity resistance training and low-intensity resistance training with vascular restriction on bone markers in older men” **Eur J Appl Physiol**; 10:1796-9.
- [101] Iida H. Nakajima T. Kurano M. Yasuda T. Sakamaki M. Sato Y. Yamasoba T. Abe T. (2011) “Effects of walking with blood flow restriction on limb venous compliance in elderly subjects” **Clin Physiol Funct Imaging**; 31: 472-476.
- [102] Sakamaki M. Bemben MG. Abe T. (2011) “Legs and Trunk Muscle Hypertrophy Following Walk Training with Restricted Leg Muscle Blood Flow” **J Sports Sci Med**; 10(2): 338-340.
- [103] Yasuda T. Loenneke JP. Thiebaud RS. Abe T.(2012) “Effects of Blood Flow Restricted Low-Intensity Concentric or Eccentric Training on Muscle Size and Strength” **PLoS ONE**; 7(12): 52843.
- [104] Manini TM. Yarrow JF. Buford TW. Clark BC. Conover CF. Borst SE.(2012) “Growth hormone responses to acute resistance exercise with vascular restriction in young and old men” **Elsevier Ltd**; 8:167-172.
- [105] Wernbom M. Apro W. Paulsen G. Nilsen TS. Blomstrand E .Raastad T. (2013) “Acute low-load resistance exercise with and without blood flow restriction increased protein signalling and number of satellite cells in human skeletal muscle” **Eur J Appl Physiol**; 10: 2733-5.

[۱۰۶] عنابستانی م، حسینی کاخک ع، حامدی نیا م ر، (۱۳۹۳) "مقایسه تمرینات ترکیبی با و بدون انسداد عروق بر عوامل منتخب آمادگی جسمانی زنان یائسه " فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی ورزشی، شماره ۲۱، ص ۱۳۶-۱۲۳.

[107] Mohamadi SH. Khoshdel AR. Naserkhani F. Mehdizadeh R.(2015) "The Effect of Low- Intensity Resistance Training with Blood Flow Restriction on Serum Cortisol and Testosterone Levels in Young Men" **J Arch Mil Med**; 3(3): 2-7.

[108] Ghiasy A.(2011) "On blood pressure, heart rate and myocardial oxygen cost of resistive activities upper extremities, lower extremities and whole body" **MS Thes Univ Guilan**; 23-96.

[109] Almeida WS. Lima LCJ. Cunha RR. Simoes HG. Nakamura FY. Campbell CSG.(2010) "Post-exercise blood pressure responses to cycle and arm-cranking" **Sci Sports**; 2: 74-80.

[110] Haennel RG. Snydmiller GD. Teo KK. Greenwood PV. Quinney HA. Kappagoda CT.(1992) "Changes in blood pressure and cardiac output during maximal isokinetic exercise". **Arch Physic Med Rehabil**; 150-155.

[111] Moneta GL. Taylor DC. Helton WS. Misson A.(1988) "Duplex ultrasound measurement of post prandial intestinal blood flow" **Gastroentology**; 95: 1294-1301.

[112] Palmer PES. Manual of diagnostic ultrasound. First edition, Geneva WHO. 1995. 49-51.

[113] Hasani-Ranjbar Sh. Soleymani Far E. Heshmat R. Rajabi H. Kosari H.(2012) "Time course responses of serum GH. Insulin. IGF-1. IGFBP1. and IGFBP3 concentrations after heavy resistance exercise in trained and untrained men" **Endocrine**; 41(1):144-51.

[۱۱۴] محمدی ش، مهدی زاده ر، خوشدل ع، میرزایی دیزگاه ا، (۱۳۹۲) "تاثیر تمرین مقاومتی کم شدت با جریان خون محدود شده بر سطح سرمی برخی هورمون‌های مرتبط با قدرت و اندازه عضله در مردان جوان " فصلنامه علمی پژوهشی ابن سینا، شماره ۱۵، ص ۱۶-۱۱.

[115] Tanimoto M. Madarame H. and Ishii N. (2005) "Muscle oxygenation and plasma growth hormone concentration during and after resistance exercise: comparison between KAATSU and other types of regimen" **Int J Kaatsu Training Res**; 1: 51-56.

- [116] Harridge SD. (2003) "Ageing and local growth factors in muscle" **Scand J Med Sci Sports**; 13:34-9.
- [117] West DW. Kujbida GW. Moore DR. Atherton P. Burd NA. Padzik JP. De Lisio M. Tang JE. Parise G. Rennie MJ. Baker SK. and Phillips SM. (2009) "Resistance exercise-induced increases in putative anabolic hormones do not enhance muscle protein synthesis or intracellular signalling in young men" **J Physiol**; 587:5239-47.
- [118] Drummond MJ. Fujita S. Abe T. Dreyer HC. Volpi E. and Rasmussen BB. (2008) "Human muscle gene expression following resistance exercise and blood flow restriction" **J Med and Sci in Sports and Exerc**; 40: 691-698.
- [119] Kim JS. Cross JM. and Bamman MM. (2005) "Impact of resistance loading on myostatin expression and cell cycle regulation in young and older men and women" **Am J Physiol Endocrinol Metab**; 288:1110-1119.
- [۱۲۰] خدیوی بروجنی ع.ر، مرندی م، حق جوی جوانمرد ش، رجبی ح، خدیوی بروجنی ز، خورشیدی بهزادی م، (۱۳۹۱) "اثر ۸ هفته تمرین مقاومتی بر برخی فاکتورهای سیگنالی تأثیرگذار بر سلولهای ماهوارهای در موش های نر ویستار" **مجله دانشکده پزشکی اصفهان**، شماره ۲۰۷، ص ۱۵۰۰-۱۵۱۱.
- [121] Kraemer WJ. Loebel CC. Volek JS. Ratamess NA. Newton RU. Wickham RB. et al.(2001) "The effect of heavy resistance exercise on the circadian rhythm of salivary testosterone in men" **Eur J Appl Physiol**; Jan-Feb;84(1-2):13-18.
- [122] Loenneke JP. Fahs CA. Rossow LM. Abe T. Bembem MG. (2012) "The anabolic benefits of venous blood flow restriction training may be induced by muscle cell swelling" **Medical Hypotheses**, 151-154.
- [123] Loenneke JP . Wilson GJ. Wilson JM. (2010) " Mechanistic Approach to Blood Flow Occlusion" **Int J Sports Med**; 31:1- 4.
- [124] Bodine SC. (2001) "Akt/mTOR pathway is a crucial regulator of skeletal muscle hypertrophy and can prevent muscle atrophy in vivo" **Nat Cell Biol**; 3:1014-9.
- [125] Ogawa M. Loenneke JP. Yasuda T. Fahs CA. Rossow LM. Thiebaud RS. et al. (2012) "Time course changes in muscle size and fatigue during walking with restricted leg blood flow in young men" **JPESM**; 3, 14-19.

[۱۲۶] حسینی م، آقاعلی نژاد ح، (۱۳۸۸) "تاثیر تمرین موازی بر غلظت IgA، کورتیزول، و نسبت DHEA به کورتیزول بزاقی دختران غیر فعال" **مجله ی غدد درون ریز و متابولیسم ایران**. دوره ۱۱، شماره ۳، صفحه ۲۹۹-۲۹۳.

[127] Banfi G. Dolci A. (2006) "Free testosterone/cortisol ratio in soccer" usefulness of a categorization of values. **J Sports Med Phys Fitness**; 46(4): 611-6.

[۱۲۸] عباسی دلویی س، قنبری نیاکی ع، فتحی ر، هدایتی م، (۱۳۹۰) "اثر یک جلسه فعالیت هوازی بر سطح پلاسمایی گرلین، هورمون رشد، انسولین و کورتیزول در دانشجویان مرد غیر ورزشکار" **مجله غدد درون ریز و متابولیسم ایران**، جلد ۱۳، شماره ۲، ۱۹۷-۲۰۱.

[129] Yasuda T. Fujita S. Ogasawara R. Sato Y. Abe T. (2010) "Effects of low-intensity bench press training with restricted arm muscle blood flow on chest muscle hypertrophy" a pilot study. **Clin Physiol Funct Imaging**; 30:338-343.

[130] Kadi F. Charifi N. Denis C. Lexell J. Andersen JL. Schjerling P. Olsen S. and Kjaer M. (2005) "The behaviour of satellite cells in response to exercise: what have we learned from human studies" **Pflugers Arch**; 451:319-27.

[131] Rasmussen BB. Tipton KD. Miller SL. Wolf SE and Wolfe RR. (2000) "An oral essential amino acid-carbohydrate supplement enhances muscle protein anabolism after resistance exercise" **J Appl Physiol**; 88: 386-392.

[132] Jafari A. Saeidi S. Zekri R. Malekirad A. (2012) "Comparison of static and dynamic resistance exercise effects on some functional cardiovascular indices, plasma lactate and peripheral blood leukocytes in healthy untrained women" **J Shahrekord Univ Med Sci**; 14(1): 66-76.

[133] Macdonald JR. (2002) "Potential causes, mechanisms, and implications of post exercise hypotension" **Journal of Human Hypertension**; 16: 225-236.

[134] Otsuki T. Maeda S. Iemitsu M. Saito Y. Tanimura Y. Ajisaka R. et al. (2007) "Vascular endothelium-derived factors and arterial stiffness in strength- and endurance-trained men" **Am J Physiol Heart Circ Physiol**; 292(2): 786-791.

[135] Hayes SG. McCord JL. Koba S. Kaufman MP. (2009) "Gadolinium inhibits group III but not group IV muscle afferent responses to dynamic exercise" **Eur J Appl Physiol**; 587: 873-882.

[136] Brown MD. Dengel DR. Hogikyan RV. Supiano MA. (2002) "Sympathetic activity and the heterogenous blood pressure response to exercise training in hypertensives" **Eur J Appl Physiol**; 92(4): 1434-1442.

[137] Sowmya R. Gupta M. (2009) "Cardiovascular autonomic responses to whole body isotonic exercise in normotensive healthy young adult males with parental history of hypertension" **Indian J Physiol Pharmacol**; 54(1): 37-44.

Abstract

Blood flow restricted training useful and effective training exercises for increased is athletes performance level. The aim of this study was to evaluate the effect of acute on a treadmill training with BFR on serum levels of growth hormone (GH), insulin like growth factor 1 (IGF-1), cortisol and hemodynamic factors in inactive girls. Thirty healthy girls student with an age average of $20/27 \pm 1/76$ years who volunteered to participate in the study were selected as samples and randomly divided into three groups: 1) training on a treadmill BFR (intensity: 2 miles/hour, 5 sets of 2 minutes with one minute of rest in between each set), 2) training on a treadmill without BFR (with the same volume of BFR) and 3) control (BFR and without exercise). The level of hormones in fasting were measured before and immediately after exercise. The hemodynamic factors were measured before and 20 minutes after the exercise. Data were analyzed with one-way ANOVA in the level of $p < 0.05$. Data were analyzed showed serum GH, IGF-1 and cortisol levels significantly increased in post exercise in BFR group compared to pre-exercise ($P < 0.05$). The results of one-way ANOVA showed Between Average serum GH, IGF-1 and cortisol levels Three groups after exercise a significant difference ($P < 0.05$) As well as the results showed that both BFR and non-BFR exercise increased HR, SBP, RPP significantly in post exercise compared to pre-exercise ($p < 0.05$). After exercise, no significant differences in HR and SBP were observed between three groups ($p < 0.05$) and Increases in hemodynamic factors were greater in BFR group than without BFR group.

In conclusion, acute walking on a treadmill with BFR could increases in anabolic and catabolic hormones and some changes in hemodynamic factors in inactive young girls. In the limited blood flow show that the heart muscle needs in Response to BFR exercises. So in terms of practical, seem limited blood flow in the training on a treadmill is an important factor in the creation of acute hormonal responses and there are executive limitations lower compared with high-intensity resistance training and realization the expected goals of the high-intensity training and is applicable for wider range of people, including inactivated individuals, disabled, sick and elderly.

Keywords: Blood Flow Restricted, Growth Hormone, Insulin-like growth factor 1, Cortisol, Hemodynamic factors



University of Shahrood

Physical Education Faculty

**The effect of acute blood flow restricted treadmill walking on
serum levels of some hormones and hemodynamic factors in
young girls**

Faezeh Naserkhani

Supervisor: Rahimeh MehdiZadeh (ph.D)

**Adviser: Mohamad hosein Rezvani (ph.D), Nahid Toufan (General
Physician)**

Date: Sep2015