





دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی

تأثیر تمرینات مقاومتی با جریان خون محدود شده بر سطح سرمی هورمون‌های مرتبط با
قدرت و اندازه توده عضلانی

دانشجو : شهرام محمدی

استاد راهنما:

دکتر رحیمه مهدی‌زاده

استاد مشاور:

دکتر علی‌رضا خوشدل

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

شهریور ماه ۱۳۹۳



دانشگاه صنعتی شاهرود

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره [۶]

بسمه تعالی

شماره :

تاریخ :

فرم صورتجلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر [عج] جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای شهرام محمدی، رشته تربیت بدنی گرایش: فیزیولوژی ورزشی تحت عنوان "تأثیر تمرینات مقاومتی با جریان خون محدود شده بر سطح سرمی هورمون‌های مرتبط با قدرت و اندازه توده عضلانی" که در تاریخ ۱۳۹۳/۶/۲۴ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح زیر است:

<input type="checkbox"/> مردود	<input type="checkbox"/> دفاع مجدد	<input checked="" type="checkbox"/> قبول [با درجه : امتیاز]
--------------------------------	------------------------------------	---

۲- بسیار خوب [۱۸ - ۱۸/۹۹]

۱- عالی [۱۹ - ۲۰]

۴- قابل قبول [۱۴ - ۱۵/۹۹]

۳- خوب [۱۶ - ۱۷/۹۹]

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

امضاء	مرتبه علمی	نام و نام خانوادگی	a عضو هیأت داوران
	استادیار	دکتر رحیمه مهدی زاده	۱- استادراهنما
	دانشیار	دکتر علیرضا خوشدل	۲- استاد مشاور
	استادیار	دکتر علی یونسیان	۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی
	استادیار	دکتر علی حسینی	۴- استاد ممتحن
	استادیار	دکتر محمد حسین رضوانی	۵- استاد ممتحن

تأیید رئیس دانشکده:

تقدیم

به

مادر مهربانم.....

تعهد نامه

اینجانب شهرام محمدی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته فیزیولوژی ورزشی دانشکده تربیت بدنی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه تأثیر تمرینات مقاومتی با جریان خون محدود شده بر سطح

سرمی هورمون‌های مرتبط با قدرت و اندازه توده عضلانی

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 صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » 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 صنعتی 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.

چکیده

هدف کلی از انجام این تحقیق، بررسی اثر تمرین مقاومتی کم شدت با جریان خون محدود شده بر سطح سرمی هورمون رشد و IGF-1 در مردان جوان است. 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 1RM، ۱ ست ۳۰ تکرار و ۲ ست ۱۵ تکرار)، تمرین مقاومتی شدید بدون BFR (سه ست ۱۰ تکرار با شدت ۸۰ درصد 1RM) و کنترل قرار گرفتند. هر دو گروه تمرینی هفته ای سه روز تمرینات اسکوات و اکستنشن زانو را بمدت سه هفته انجام دادند. سطح سرمی کورتیزول، تستوسترون، GH و IGF-1 قبل و بعد از تمرین صبح و در حالت ناشتا اندازه گیری شد. برای مقایسه تفاوت میانگین متغیرها از آزمون آماری ANOVA استفاده شد. سطح معنی داری آماری $p < 0/05$ تعیین شد. تحلیل داده ها نشان داد بعد از سه هفته تمرین، بین سطوح سرمی GH، IGF-1 و کورتیزول گروه تمرین BFR با گروه تمرین مقاومتی بدون BFR و گروه کنترل تفاوت معناداری مشاهده شد ($p < 0/05$). این در حالیست که، بین سطح سرمی تستوسترون سه گروه در پایان مطالعه تفاوت معناداری مشاهده نشد. بطور کلی می توان نتیجه گرفت که تمرین مقاومتی کم شدت BFR کوتاه مدت می تواند باعث تغییر بیشتر هورمون های آنابولیک-کاتابولیک در مقایسه با تمرین مقاومتی بدون BFR در مردان جوان شود.

واژه های کلیدی: محدودیت جریان خون، هورمون رشد، فاکتور رشد شبه انسولینی، کورتیزول

مقاله مستخرج از پایان نامه

نوع مقاله	پذیرش	عنوان مقاله
پژوهشی	فصلنامه علمی-پژوهشی ابن سینا	تاثیر تمرینات مقاومتی کم شدت با محدودیت جریان خون بر سطح سرمی برخی هورمون های مرتبط با قدرت و اندازه عضله در مردان جوان

فهرست مطالب

فصل اول: طرح پژوهش	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۲- بیان مسئله	۸
۱-۳- ضرورت و اهمیت تحقیق	۹
۱-۴- اهداف تحقیق	۱۰
۱-۴-۱- هدف کلی	۱۰
۱-۴-۲- اهداف اختصاصی	۱۰
۱-۵- فرضیات تحقیق	۱۰
۱-۶- محدودیت‌های تحقیق	۱۱
۱-۶-۱- محدودیت‌های قابل کنترل	۱۰
۱-۶-۲- محدودیت‌های غیر قابل کنترل	۱۰
۱-۷- پیشفرض‌های تحقیق	۱۲
۱-۸- تعریف واژه‌ها و اصطلاحات تحقیق	۱۲
فصل دوم: مبانی نظری و پیشینه تحقیق	۱۵
۱-۲- مقدمه	۱۶
۲-۲- مبانی نظری تحقیق	۱۶
۱-۲-۲- تمرینات مقاومتی	۱۷
۲-۲-۲- تمرینات مقاومتی: محرک عضلانی	۱۹
۲-۳-۲- هورمون‌های مرتبط با قدرت و هایپرتروفی	۲۰

۲۱	IGF-1 هورمون ۱-۳-۲-۲
۲۳	هورمون رشد ۲-۳-۲-۲
۲۵	هورمون تستوسترون ۳-۳-۲-۲
۲۷	هورمون کورتیزول ۴-۳-۲-۲
۲۸	مزیت تمرینات مقاومتی BFR به تمرینات مقاومتی بدون BFR ۴-۲-۲
۲۹	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون و هایپرتروفی ۵-۲-۲
۳۰	تغییرات سطح هورمونهای مرتبط با هایپرتروفی عضلانی در تمرینات BFR ۶-۲-۲
۳۱	ادبیات تحقیق ۳-۲-۳
۳۱	تأثیر تمرینات مقاومتی بر سطح هورمون رشد، IGF-1، تستوسترون و کورتیزول ۱-۳-۲
۴۰	تأثیر تمرینات مقاومتی BFR بر عوامل مرتبط با قدرت و اندازه عضله ۲-۳-۲
۵۱	جمع‌بندی ۴-۲-۳
۵۵	فصل سوم: روش شناسی پژوهش ۵-۲-۳
۵۶	مقدمه ۱-۳
۵۶	روش تحقیق ۲-۳
۵۶	جامعه و نمونه تحقیق ۳-۳
۵۶	روش اجرای تحقیق ۴-۳
۵۷	روش اندازه‌گیری 1RM ۵-۳
۵۸	برنامه‌های مداخله‌ای برای گروه‌های تجربی ۶-۳
۵۸	برنامه تمرین مقاومتی کم شدت BFR ۱-۶-۳
۵۹	برنامه تمرین مقاومتی با شدت بالا و بدون BFR ۲-۶-۳
۶۰	روش محدود کردن جریان خون ۷-۳

- ۳-۸-وسایل و ابزار اندازه‌گیری ۶۱
- ۳-۹-روش جمع آوری نمونه خون و تهیه سرم ۶۲
- ۳-۱۰-روش جمع‌آوری اطلاعات ۶۲
- ۳-۱۰-۱- اندازه‌های آنتروپومتریکی ۶۲
- ۳-۱۰-۲-متغیر فیزیولوژیکی ۶۳
- ۳-۱۰-۳-تجزیه و تحلیل بیوشیمیایی خون ۶۳
- ۳-۱۰-۳-آشنایی با روش الایزا ۶۳
- ۳-۱۱-روش آماری ۶۵
- فصل چهارم: یافته‌های پژوهش ۶۷
- ۴-۱-مقدمه ۶۸
- ۴-۲-بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها ۶۸
- ۴-۳-بررسی همگنی واریانس ها بر اساس آزمون لُون ۷۰
- ۴-۴-یافته‌های توصیفی ۷۱
- ۴-۴-۱-ویژگی‌های فردی ۷۱
- ۴-۴-۱-۱-آماره توصیفی سن آزمودنی‌ها در هر گروه بر حسب سال ۷۱
- ۴-۴-۱-۲-آماره توصیفی متغیرهای آنتروپومتریکی و فیزیولوژیک آزمودنی‌ها در گروه‌های مختلف ۷۲
- ۴-۴-۱-۳-آماره توصیفی متغیرهای خونی آزمودنی‌ها در گروه‌های مختلف ۷۲
- ۴-۵-مقایسه میانگین متغیرهای آنتروپومتریکی و فیزیولوژیک گروه‌های مختلف در ابتدای مطالعه ۷۳
- ۴-۶-مقایسه میانگین متغیرهای خونی گروه‌های مختلف در ابتدای مطالعه ۷۴
- ۴-۷-آزمون فرضیه‌های تحقیق ۷۶

۷۷	..... فرضیه اول ۱-۷-۴
۷۸	..... فرضیه دوم ۲-۷-۴
۷۹	..... فرضیه سوم ۳-۷-۴
۸۰	..... فرضیه چهارم ۴-۷-۴
۸۱	..... فرضیه پنجم ۵-۷-۴
۸۲	..... فرضیه ششم ۶-۷-۴
۸۲	..... فرضیه ششم ۶-۷-۴
۸۵	..... فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری
۸۶	..... ۱-۵ - مقدمه
۸۶	..... ۲-۵ خلاصه تحقیق
۸۷	..... ۳-۵ بحث و نتیجه گیری
۹۸	..... ۴-۵ پیشنهادهای کاربردی
۹۸	..... ۵-۵ پیشنهاد برای تحقیقات آتی
۱۰۱	..... منابع و مأخذ

فهرست اشکال

۵۹	..... شکل ۱-۳ حرکت جلوپا و اسکوات با محدودیت جریان خون
۶۰	..... شکل ۲-۳ دستگاه داپلر
۶۱	..... شکل ۳-۳ دستگاه ELISA READER

فهرست جداول

- جدول (۱-۳) حجم برنامه تمرین مقاومتی کم شدت BFR ۵۸
- جدول (۲-۳) حجم برنامه تمرین مقاومتی بدون BFR ۵۹
- جدول (۱-۴) نتایج آزمون کلموگراف-اسمیرنف برای متغیرهای آنتروپومتریک، فیزیولوژیک و متغیرهای هورمونی ۶۹
- جدول (۲-۴) نتایج آزمون همگنی واریانس ها (آزمون لئون) ۷۰
- جدول (۳-۴) آماره‌های توصیفی سن (سال) آزمودنیها به تفکیک گروه‌ها ۷۱
- جدول (۴-۴) میانگین و انحراف استاندارد مقادیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیرهای آنتروپومتریک و فیزیولوژیک گروه‌های مختلف ۷۲
- جدول (۵-۴) میانگین و انحراف استاندارد مقادیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیرهای خونی گروه‌های مختلف ۷۲
- جدول (۶-۴) مقایسه مقادیر پیش‌آزمون اندازه دور ران بین سه گروه ۷۳
- جدول (۷-۴) مقایسه مقادیر پیش‌آزمون 1RM اسکوات بین سه گروه ۷۳
- جدول (۸-۴) مقایسه مقادیر پیش‌آزمون 1RM جلو پا بین سه گروه ۷۳
- جدول (۹-۴) مقایسه مقادیر پیش‌آزمون سطح سرمی کورتیزول بین سه گروه ۷۴
- جدول (۱۰-۴) مقایسه مقادیر پیش‌آزمون سطح سرمی GH بین سه گروه ۷۴
- جدول (۱۱-۴) مقایسه مقادیر پیش‌آزمون سطح سرمی تستوسترون بین سه گروه ۷۵
- جدول (۱۲-۴) مقایسه مقادیر پیش‌آزمون سطح سرمی IGF-1 بین سه گروه ۷۵
- جدول (۱۳-۴) مقایسه میانگین سطح سرمی کورتیزول بین سه گروه در پایان تمرین ۷۶

- جدول (۴-۱۴) نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه تفاوت بین میانگین‌های بین دو گروه ۷۶
- جدول (۴-۱۵) مقایسه میانگین سطح سرمی GH بین سه گروه در پایان تمرین ۷۷
- جدول (۴-۱۶) نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه تفاوت بین میانگین‌های بین دو گروه ۷۸
- جدول (۴-۱۷) مقایسه میانگین سطح سرمی تستوسترون بین سه گروه در پایان تمرین ۷۸
- جدول (۴-۱۸) مقایسه میانگین سطح سرمی IGF-1 بین سه گروه در پایان تمرین ۷۹
- جدول (۴-۱۹) نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه تفاوت بین میانگین‌های بین دو گروه ۷۹
- جدول (۴-۲۰) مقایسه میانگین اندازه دور ران بین سه گروه در پایان تمرین ۸۰
- جدول (۴-۲۱) نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه تفاوت بین میانگین‌های بین دو گروه ۸۱
- جدول (۴-۲۲) مقایسه میانگین 1RM اسکوات بین سه گروه در پایان تمرین ۸۱
- جدول (۴-۲۳) نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه تفاوت بین میانگین‌های بین دو گروه ۸۲
- جدول (۴-۲۴) مقایسه میانگین 1RM جلو پا بین سه گروه در پایان تمرین ۸۲
- جدول (۴-۲۵) نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه تفاوت بین میانگین‌های بین دو گروه ۸۳

فصل اول

طرح پژوهش

۱-۱-مقدمه

تمرین مقاومتی از مؤلفه‌های ضروری و مهم بیشتر برنامه‌های ورزشی محسوب می‌شود. این تمرینات در برنامه‌های بازتوانی ورزشکاران پس از آسیب‌های جسمانی نیز اهمیت زیادی دارند. اثر بخشی این تمرینات در افزایش قدرت عضلانی، درمان آسیب‌های ورزشی و همچنین پیشگیری از کاهش توده عضلانی ناشی از افزایش سن و بی‌حرکی به حجم تمرین بستگی دارد [۲،۱]. بر اساس شواهد پژوهشی، تمرین مقاومتی با شدت بالا، یعنی تقریباً ۸۰ درصد حداکثر یک تکرار بیشینه^۱ (IRM) باعث افزایش بهینه قدرت عضلانی می‌شود [۱]. همچنین گزارش شده است که انجام تمرین مقاومتی با ۶-۱۲ تکرار و با شدت ۷۰-۸۵ درصد IRM باعث افزایش قدرت و اندازه عضله یا هایپرتروفی^۲ می‌گردد [۳]. کالج پزشکی ورزشی آمریکا^۳ (ACSM) نیز تمرین مقاومتی با بار بیشتر از ۷۰ درصد IRM را برای سازگاری‌های عملکردی و مورفولوژیکی (شکل ظاهری) عضله پیشنهاد کرده است [۵،۴]. از اینرو، یکی از اهداف اصلی استفاده از روش‌های مختلف تمرینات مقاومتی، افزایش قدرت بیشینه و اندازه-عضله یا هایپرتروفی است. براساس نتایج مطالعات انجام شده، تمرینات با شدت بالا (۸۰ تا ۹۰ درصد IRM) با تعداد تکرار کم (۲ تا ۸ تکرار) و فواصل استراحتی طولانی (۲ تا ۵ دقیقه) برای افزایش قدرت بیشینه و تمرینات با شدت متوسط به بالا (۷۰ تا ۸۰ درصد IRM) با تعداد تکرار زیاد (۸ تا ۱۵ تکرار) و فواصل استراحتی کوتاه‌تر (۳۰ ثانیه تا ۲ دقیقه) برای افزایش اندازه یا هایپرتروفی عضلانی مناسب هستند [۷،۶]. این در حالیست که، در زمینه سازگاری‌های کوتاه مدت و بلند مدت هورمون‌های مرتبط با افزایش قدرت و اندازه توده عضلانی بعد از پروتکل‌های مختلف تمرینی نتایج متفاوتی گزارش شده است. شدت ۷۰-۸۰ درصد IRM تمرین مقاومتی که شدتی مناسب برای افزایش قدرت و اندازه عضله گزارش شده است، برای ایجاد تغییر در هورمون‌های مربوط به افزایش قدرت و اندازه عضله نیز ضروریست [۸]. لذا، به نظر می‌رسد تمرینات مقاومتی با شدت بالا با تغییرات زیادی در هورمون‌های

1- 1 Repetition maximum

2- Hypertrophy

3- American College of Sports Medicine

آنابولیک-کاتابولیک همراهند. تعادل بین هورمون کاتابولیک مثل کورتیزول و آنابولیک مثل تستوسترون و دی‌هیدرواپی اندسترون^۱ (DHEA) کاربرد مهمی در دوره‌های اجرا و بازیافت پس از تمرین مقاومتی دارد [۹،۱۰]. 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 [۱۱]. نتایج مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که تغییرات کورتیزول به شدت و مدت تمرین بستگی دارد [۹].

میزان رشد سلول‌های عضلانی به فعالیت برخی هورمون‌ها از جمله هورمون رشد^۲ (GH)، انسولین، فاکتور رشد شبه‌انسولین^۳ (IGF-1) و هورمون‌های جنسی استروئیدی بویژه تستوسترون نیز وابسته است [۱۲]. نتایج پژوهش‌ها در خصوص پاسخ هورمونی حاد به تمرین مقاومتی، نشان می‌دهد هورمون‌های آنابولیک نظیر هورمون رشد و تستوسترون که در رشد و شکل‌گیری مجدد بافت بسیار مهم و حیاتی هستند، حین و بعد از تمرین مقاومتی افزایش می‌یابند [۱۳]. 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 [۱۴]. در این راستا کریمر^۴ (۲۰۰۴) اظهار داشت چنانچه فاصله استراحت بین دوره‌های تمرین مقاومتی که با ۸۰ درصد 1RM در ۶ دوره و ۱۰ تکرار در هر دوره اجرا می‌شود، کمتر از ۱ دقیقه باشد؛ می‌تواند باعث افزایش قابل توجهی در ترشح هورمون رشد و تستوسترون شود [۱۵]. تستوسترون هورمونی آنابولیکی است که باعث تحریک پروتئین‌سازی می‌شود و در رشد و حفظ بافت عضلانی نقش بسیار مهمی بر عهده دارد [۱۶].

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

1 - Dehydroepiandrosterone
2 - Growth Hormone
3 - Insulin-like growth factor 1
4 - Kraemer

شده است که رشد طبیعی با غلظت پلاسمایی سوماتومدین- C^{12} یا عامل رشد شبه انسولینی IGF-1 رابطه مستقیم دارد [۱۷]. ترشح GH و IGF-1 بر افزایش اندازه عضلات مؤثر بوده و رابطه مستقیمی بین میزان غلظت این هورمون‌ها و افزایش قدرت و اندازه عضلات مشاهده شده است [۱۸].

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. [۱۹].

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 اتصالی خود گردش می‌کند [۲۰]. 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 [۲۱]. 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 [۲۲].

بر اساس نتایج پژوهش‌های انجام گرفته، پس از تمرین قدرتی با شدت بالا (شامل حرکت اسکوات با شدت ۱۰۰ درصد سه تکرار بیشینه و تعداد ۳ تکرار و حرکت اکستنشن پا را به همان شدت با تعداد ۶ تکرار و ۴-۶ دقیقه استراحت بین ست‌ها) واکنش‌های حاد هورمون رشد بین برنامه‌های مختلف تمرینی معنادار نبود. اما تفاوت‌های بین فردی زیادی در پاسخ حاد هورمون رشد به هر دو برنامه تمرینی مشاهده شد [۲۴،۲۳]. گوتو^۱ و همکاران (۲۰۰۳) نیز در پژوهشی بر روی ۸ ورزشکار مرد مبتدی مشاهده کردند که تمرینات با وزنه شدید (معادل ۹۰ تا ۹۵ درصد IRM) تأثیر قابل توجهی بر میزان ترشح هورمون رشد پس از تمرین ندارد. آنها پیشنهاد کردند چنانچه بلافاصله پس از تمرین پرشدت یک دوره تمرین با وزنه با شدت کمتر (معادل ۵۰ درصد IRM) و تعداد تکرار تا حد واماندگی انجام شود، میزان ترشح هورمون رشد پس از تمرین به طور معناداری افزایش پیدا خواهد کرد [۲۵].

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 متعددی از قبیل آسیب‌های بافتی و مفصلی، التهاب (تورم) و کاهش کامپلیانس شریان مرکزی همراه است [۴]. 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 نتایج پژوهش‌ها در زمینه آمادگی جسمانی و توانبخشی شکل تازه‌ای از تمرینات مقاومتی 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 مقاومتی با جریان خون محدود شده^۲ (BFR) نام دارند به‌طور حیرت‌آوری در مدت زمان کوتاه باعث هایپرتروفی عضله و افزایش قدرت عضلانی می‌شود که این میزان سازگاری با سازگاری‌های ایجاد شده در اثر تمرینات مقاومتی با

1- Goto

2 - Blood Flow Restricted

شدت بالا برابری می کند [۲۷،۲۶]. براساس شواهد علمی موجود، بطور کلی کاهش جریان خون در طول تمرین، یکی از شرایط ضروری برای ایجاد سازگاری بعد از تمرینات مقاومتی است [۲۸]. ویژگی منحصر بفرد تمرینات مقاومتی BFR، انجام آنها با شدت پایین (معمولاً ۲۰ تا ۳۰ درصد 1RM) است [۲۹]. نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد حتی پیاده‌روی با جریان خون محدود شده نیز می‌تواند باعث افزایش قدرت و هایپرتروفی عضلانی شده و به حفظ و نگهداری توده عضلانی کمک نماید [۳۰]. 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 [۳۱،۳۲]. در این روش تمرینی، اگرچه فقط ۲۰٪ از حداکثر قدرت بیشینه فرد بکار می‌رود؛ اما محدود شدن جریان خون در طی تمرین باعث ایجاد نتایج مشابه در افزایش قدرت و اندازه عضله با تمرینات مقاومتی شدید می‌شود.

در طول این تمرینات، افزایش فشار خون 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 [۳۳،۲۹]. در پایان تمرین برقراری مجدد جریان خون، فشار منطقه‌ای را که با کاف محدود شده بود، تحریک کرده و اتساع عروقی و جریان خون افزایش می‌یابد. اگرچه مکانیسم دقیق هایپرتروفی عضلانی متعاقب تمرینات مقاومتی BFR به طور کامل شناخته نشده است؛ اما گزارش شده است این تمرینات حتی با شدت کم می‌توانند سنتز پروتئین عضله را افزایش داده و هدف پستانداری راپامایسن کمپلکس^۱ (mTORC1) و پیامدهی آنابولیکی با واسطه پروتئین فعال شده توسط میتوزن^۲ (MAPK) را تحریک کند [۳۴]. 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

1 - Mammalian Target Of Rapamycin Complex 1

2 - Mitogen-Activated Protein Kinase

هورمون رشد، افزایش فسفات آزاد (غیر آلی) و کاهش PH عضله باعث افزایش اندازه و متعاقباً قدرت عضلانی گردد [۳۳].

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 [۳۵]. 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 [۳۶،۳۱]. نتایج پژوهش دیگر فوجیتا و همکاران در سال ۲۰۰۸ نشان داد که افزایش اندازه عضله در تمرینات مقاومتی کم شدت با محدود کردن جریان خون با تمرینات قدرتی شدید اما بدون محدودیت جریان خون قابل مقایسه است [۳۷]. در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ دو گروه تحقیقاتی بطور جداگانه تأثیر تمرینات مقاومتی با شدت کم (۲۰ تا ۳۰ درصد 1RM) 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 [۳]. 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 [۳۸].

1 -Takarada
2 - Abe
3 - Fujita
4 - Kubo

۱-۲- بیان مسئله

سازگاری‌های عضلانی ناشی از انواع تمرینات مقاومتی، یکی از چالش‌های بحث برانگیز در بین محققین 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 [۲۶، ۲۷]. تغییر در قدرت و اندازه عضله پس از تمرینات مقاومتی به دلیل سازگاری عصبی و هورمونی ناشی از تمرین اتفاق می‌افتد [۳۱]. 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 سازگاری‌های 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 [۱۸]. در چند دهه گذشته، انجام تحقیقات گسترده در زمینه نوع تازه‌ای از تمرینات مقاومتی به نام تمرینات مقاومتی BFR [۳۸-۴۰]، 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. از آنجائیکه بیشترین سازگاری در ساختار عضله اسکلتی پس از تمرینات مقاومتی، در زمان استراحت پس از تمرین و در دوره برگشت به حالت اولیه اتفاق می‌افتد [۴۱]، به نظر می‌رسد تغییر در ساختار عضله پس از تمرینات مقاومتی 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 گزارش کرده‌اند [۳۱، ۳۶، ۴۲]؛ این در حالیست که نتایج مطالعات در زمینه‌ی پاسخ هورمون‌های IGF-1، کورتیزول و تستوسترون به تمرینات مقاومتی یک جلسه‌ای BFR متناقض است [۱۲۰]. بر اساس مطالعات محقق، در زمینه‌ی سازگاری‌های بلند مدت هورمون‌های رشد، IGF-1، کورتیزول و تستوسترون به دنبال تمرینات مقاومتی BFR مطالعات

محدودی وجود دارد. در حالیکه به نظر می‌رسد سطح این هورمون‌ها با افزایش هایپرتروفی عضله که پس از حداقل ۸ روز [۳۱]. تمرینات مقاومتی کم شدت BFR اتفاق می‌افتد، به دلیل رشد سلول-های عضلانی تغییر یابد. از اینرو پژوهش حاضر با بررسی تأثیر تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون بر هورمون‌های مرتبط با قدرت و اندازه عضله، در صدد پاسخ به این سوال است که آیا افزایش احتمالی در قدرت و اندازه عضله پس از سه هفته تمرین مقاومتی BFR به سازگاری هورمونی وابسته است؟

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 بویژه مردان ورزشکار فراهم می‌آورد تا بتوانند با بهره‌گیری از تمرینات مقاومتی BFR، قدرت و اندازه عضلات خود را افزایش داده و از این طریق سطح عملکرد ورزشی را ارتقاء بخشند. نتایج تحقیقاتی از این دست، از یک سو کمک می‌کند تا ورزشکاران با اطمینان خاطر این تمرینات را در برنامه‌های بدنسازی خود که با هدف افزایش قدرت و اندازه عضله انجام می‌شود، بگنجانند.

۱-۴-اهداف تحقیق

۱-۴-۱-هدف کلی

هدف کلی از انجام این تحقیق بررسی اثر تمرینات مقاومتی با جریان خون محدود شده بر سطح سرمی هورمون‌های مرتبط با قدرت و اندازه توده عضلانی است.

۱-۴-۲-اهداف اختصاصی

۱. تعیین سطح سرمی کورتیزول در گروه‌های مختلف پس از سه هفته تمرین مقاومتی.
۲. تعیین سطح سرمی هورمون رشد در گروه‌های مختلف پس از سه هفته تمرین مقاومتی.
۳. تعیین سطح سرمی تستوسترون در گروه‌های مختلف پس از سه هفته تمرین مقاومتی.
۴. تعیین سطح سرمی IGF-1 در گروه‌های مختلف پس از سه هفته تمرین مقاومتی.
۵. تعیین اندازه دور ران در گروه‌های مختلف پس از سه هفته تمرین مقاومتی.
۶. تعیین IRM اسکوات در گروه‌های مختلف پس از سه هفته تمرین مقاومتی.
۷. تعیین IRM جلو پا در گروه‌های مختلف پس از سه هفته تمرین مقاومتی.

۱-۵-فرضیات تحقیق

۱. بین سطح سرمی کورتیزول مردان جوان در گروه‌های مختلف پس از سه هفته تمرین مقاومتی تفاوت معناداری وجود دارد.
۲. بین سطح سرمی هورمون رشد مردان جوان در گروه‌های مختلف پس از سه هفته تمرین مقاومتی تفاوت معناداری وجود دارد.
۳. بین سطح سرمی تستوسترون مردان جوان در گروه‌های مختلف پس از سه هفته تمرین مقاومتی تفاوت معناداری وجود دارد.
۴. بین سطح سرمی IGF-1 مردان جوان در گروه‌های مختلف پس از سه هفته تمرین مقاومتی تفاوت معناداری وجود دارد.

۵. بین اندازه دور ران مردان جوان در گروه‌های مختلف پس از سه هفته تمرین مقاومتی تفاوت معناداری وجود دارد.

۶. بین 1RM اسکوات مردان جوان در گروه‌های مختلف پس از سه هفته تمرین مقاومتی تفاوت معناداری وجود دارد.

۷. بین 1RM جلو پای مردان جوان در گروه‌های مختلف پس از سه هفته تمرین مقاومتی تفاوت معناداری وجود دارد.

۱-۶-۶- محدودیت‌های تحقیق

۱-۶-۱- محدودیت‌های قابل کنترل

۱. آزمودنی‌های تحقیق دانشجویان ساکن خوابگاه دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی ارتش شهر تهران بودند، که سابقه فعالیت جسمانی داشتند و دامنه سنی آنها بین ۱۹ تا ۲۴ سال بود.
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 فشار خون بالا سالم بودند.
۵. مدت زمان انجام تمرین در تحقیق حاضر ۳ هفته بود.
۶. دوره‌ی زمانی این تحقیق خرداد 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. تغییر نوع رژیم غذایی، بویژه تغییر در میزان مصرف پروتئین در طول اجرای برنامه تمرینی پژوهش حاضر قابل کنترل نبود.

۷-۱- پیش فرض‌های تحقیق

۱. آزمودنی‌ها تمرینات مقاومتی را با حدکثر تلاش انجام دادند.
۲. آزمودنی‌ها در طول ۳ هفته اجرای برنامه تمرینی پژوهش حاضر، فعالیت جسمانی دیگری 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.

۸-۱- تعریف واژه‌ها و اصطلاحات تحقیق

- **1RM**: حداکثر وزنه‌ای که یک عضله یا یک گروه عضلانی، در دامنه حرکتی خاصی فقط یکبار می‌تواند بلند کند، 1RM آن عضله یا گروه عضلانی نامیده می‌شود [۴۴].
- 1RM در تحقیق حاضر با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید [۴۵].
وزنه مورد استفاده $\times [1 + (\text{تعداد تکرار} / 30)] = 1RM$
- **تمرین مقاومتی BFR**: تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون است که در این روش بازگشت وریدی توسط فشار یک کاف یا باندکشی محدود می‌شود [۴۳، ۴۲، ۴۰].
- تمرین مقاومتی BFR در تحقیق حاضر، انجام تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۲۰ درصد 1RM، با تعداد تکرار ۱۵-۳۰-۱۵ و به مدت ۳ هفته بود.
- **قدرت عضلانی**: توانایی یا ظرفیت یک عضله یا گروهی از عضلات برای اعمال حد اکثر نیرو علیه یک مقاومت است [۴۶].
- در تحقیق حاضر، برای ارزیابی قدرت عضلانی از روش 1RM استفاده شد.
- **هایپرتروفی**: افزایش اندازه عضله به دلیل افزایش حجم تارهای عضلانی را هایپرتروفی گویند [۴۴].

برای ارزیابی هایپرتروفی پس از ۳ هفته تمرین مقاومتی BFR، در تحقیق حاضر از اندازه‌های محیطی اندام تحتانی استفاده شد.

- هورمون‌های مرتبط با قدرت و هایپرتروفی عضله: هورمون‌های آنابولیک-کاتابولیک هستند که با تنظیم فرایندهای آنابولیکی-کاتابولیکی نقش کلیدی در تعیین اندازه‌توده و قدرت عضلانی دارند [۴۶].

در تحقیق حاضر، سطح سرمی هورمون رشد، کورتیزول، تستوسترون و IGF-1 به عنوان هورمون‌های مؤثر در قدرت و هایپرتروفی اندازه‌گیری شد.

فصل دوم

مبانی نظری

و

پیشینه تحقیق

۲-۱-مقدمه

این فصل شامل دو بخش است. در بخش اول، تحت عنوان مبانی نظری؛ قدرت عضلانی، تمرینات مقاومتی، افزایش اندازه توده عضلانی (هایپرتروفی)، تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون (BFR) و نحوه محدود کردن جریان خون، 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

تمرین ورزشی با محدود کردن جریان خون^۱ (BFR) معروف به تمرین کاتسو^۲، 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^۳ (IRM) 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 (برای مثال قدم زدن، دوچرخه سواری) 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 درصدیک تکرار بیشینه انجام می‌شود. کاف دستگاه کاتسو مشابه کاف دستگاه فشار خون است و فشار آن برای افراد سالم می‌تواند ۱۱۰ mmHg باشد اما برای ورزشکاران حرفه‌ای، فشار کاف را می‌توان تا ۲۱۰ mmg Hg افزایش داد [۴۷]. از اینرو، تمرینات BFR کاربرد زیادی در تمرینات ورزشکاران و حتی در بخش بالینی دارند.

1 - Blood Flow Restricted

2 - Kaatsu

3 - 1 Repeated Maximal

برای محدود کردن جریان خون در طول تمرین مقاومتی BFR یک کاف یا باند (معمولا یک کاف بادی) در قسمت انتهایی عضو بسته می شود تا عبور جریان خون به عضلات فعال کاهش یابد. این عمل باعث محدود شدن جریان خون وریدی و در نتیجه تجمع خون وریدی می شود. این احتمال وجود دارد که به کارگیری بهینه تارهای عضلانی یکی از مکانیسم های درگیر در سازگاری تمرینات BFR باشد. بنابراین، تمرینات BFR به عنوان یکی از روش های مؤثر تمرین مقاومتی است که به منظور بهینه سازی این تمرینات به کار گرفته می شود. به هنگام استفاده از این تمرینات باید ملاحظاتی مانند تفاوت های فردی (به عنوان مثال اندازه عضو) و همچنین تفاوت های 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، درجه ی محدودیت جریان خون را در طول تمرین تحت تأثیر قرار می دهد [۴۸]. تمرینات مقاومتی با جریان خون محدود شده ممکن است نه تنها در افراد سالم، بلکه در بیمارانی که دوره ریکاوری را سپری میکنند، کاربرد داشته باشد. نکته مهم در این تمرینات، شدت پایین آن است که با حداقل آسیب عضلانی همراه است [۴۹]. 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 آسیب های عضلانی و بافتی شدید همراه است. بنابراین شناسایی روش های کم خطر و مؤثر جهت حفظ و توسعه قدرت عضلانی برای طیف گسترده ای از مردم همواره مورد توجه محققان بوده است [۴۹-۵۲].

۲-۲-۱- تمرینات مقاومتی

قدرت عضلانی عبارت است از آمادگی عضلانی برای وارد کردن حداکثر نیرو و فشار به یک مقاومت یا مانع ثابت و یا متحرک فقط برای یک مرتبه. قدرت از مهمترین عوامل موفقیت در بسیاری از رشته ها و مهارت های ورزشی است [۵۳]. تمرینات قدرتی علاوه بر اینکه جزء مؤلفه های ضروری و مهم بسیاری از برنامه های ورزشی محسوب می شوند، در پیشگیری از تحلیل عضلانی در ورزشکارانی که پس از آسیب های ورزشی را سپری می کنند، نیز بسیار حائز اهمیت است. شواهد تجربی حاکی از آن است که

تمرین با شدت بالا (تقریباً ۸۰ درصد IRM) می تواند موجب افزایش قدرت بهینه شود. انجام تمرینات شدید با شدت ۷۰-۸۵ درصد IRM و با ۶-۱۲ تکرار موجب افزایش قدرت و هایپرتروفی (افزایش اندازه عضله) می شود [۴۷]. براساس اهداف تمرینی از برنامه تمرین قدرتی که می تواند افزایش توان، استقامت، قدرت یا حجم عضلانی باشد، متغیرهای مختلفی مثل شدت، مدت، تکرار، تناوب، فاصله استراحت در این تمرینات قابل دستکاری است در این بین شدت مهم ترین متغیر برنامه تمرینی معرفی شده است [۵۴]. محققان بر این باورند که تمرین قدرتی شدید (بیش از ۷۰ تا ۸۰ درصد IRM) می تواند موجب افزایش قدرت و هایپرتروفی عضلانی شود. لذا بر اساس این مبانی توانی، تمرین قدرتی با شدت کمتر از این مقدار، از تنش کافی برای افزایش قدرت و حجم عضلانی برخوردار نخواهد بود [۲۹]. نتایج مطالعات انجام شده نشان می دهد که تنها ۱۵-۱۰٪ افزایش قدرت ناشی از انجام تمرینات قدرتی، منجر به تغییرات ساختاری در عضلات است که در طولانی مدت منجر به افزایش سطح مقطع عضلانی می گردد اما بخش اعظم افزایش قدرت حاصل تعامل عوامل عصبی و سازگاری سیستم عصبی حرکتی پس از تمرین است [۵۴].

تمرینات مقاومتی همان تمرینات قدرتی یا تمرینات با وزنه هستند که برای کسب آمادگی جسمانی مورد استفاده قرار می گیرند. تمرینات مقاومتی جزء مهم برنامه تمرینی بیشتر ورزش ها محسوب می شود. این تمرینات همچنین در پیشگیری از آسیب های ورزشی و برنامه های بازتوانی نقش مهمی دارند [۵۵]. از اینرو این تمرینات به عنوان روش تمرینی مفید برای حفظ سلامتی شناخته شده اند. تمرینات مقاومتی از طریق افزایش قدرت، استقامت و توان عضلانی، سرعت، هایپرتروفی، بهبود عملکرد حرکتی، تعادل و هماهنگی نقش مهمی در بهبود عملکرد ورزشی ایفا می کنند. برای رسیدن به این اهداف در برنامه تمرینی مقاومتی، طراحی صحیح برنامه تمرینی ضروری است [۵۶]. علاوه بر آن تمرینات مقاومتی باعث ایجاد تغییرات مطلوب در ترکیب بدن، لیپیدهای خون، ظرفیت بی هوازی و هوازی، چگالی مواد استخوانی و بهبود عملکرد مهارتی در نوجوانان و جوانان می شود [۵۵].

رشد و هایپرتروفی عبارت است از افزایش موضعی وزن، چگالی، شکل یا عملکرد یک بافت که ظرفیت بافت را برای تامین نیازهای ناشی از فعالیت ورزشی یا عملکردی افزایش می دهد. محرک‌های ویژه‌ی هایپرتروفیک از درون بافتی سرچشمه می گیرد. هایپرتروفی از راه تکثیر سلولی اتفاق نمی افتد بلکه با دستکاری اجزای تحت سلولی مانند پروتئین های انقباضی موجود در عضله اسکلتی و قلبی، آنزیم های بیوسنتزی و متابولیسی، پروتئین های ماتریکی موجود در عضله قلبی و بافت اسکلتی یا کریستالهای هیدروکسی آپاتیت موجود در تیغک های استخوانی تحقق می یابد [۵۷]. هایپرتروفی عضله یک موضوع مهم در عملکرد ورزشی، تمرین، سلامت و تندرستی است. درک بهتر و بیشتر مکانیسم فیزیولوژیکی رشد عضلانی کمک می کند تا در اجرای برنامه تمرینی ورزشکاران اصول علمی مورد توجه قرار گیرد [۵۸].

۲-۲-۲- تمرینات مقاومتی: محرک عضلانی

تمرینات مقاومتی با شدت بالا به عنوان یک محرک قوی برای رشد سلول های عضلانی و افزایش اندازه توده ی عضلانی شناخته شده است [۵۲]. کشش یا اضافه بار عضلانی در تمرینات مقاومتی باعث افزایش بیان رونویسی ژن های عامل رشد مکانیکی با IGF-1 در عضله تحریک شده می شود. رشد هایپرتروفیک جنبه ی خود محدود کننده نیز دارد و به اختلاف بین اندازه عملکرد مورد نیاز و توانایی بافت در تامین این نیاز بستگی دارد [۵۷]. تمرینات مقاومتی، محرکی قوی در ترشح هورمون های آنابولیک هستند که این امر باعث بهبود در رشد عضله اسکلتی می شود. تمرینات مقاومتی واکنش هورمونی را تحریک و سیستم اندوکرین بدن را در طولانی مدت و کوتاه مدت تحت تأثیر قرار می دهد که این واکنش هورمونی حاد، مهمترین عنصر برای رشد توده عضلانی است [۵۸]. شواهد نشان می دهد که تمرینات با شدت بالا بر سطح غلظت هورمون های آنابولیکی نظیر تستوسترون و هورمون رشد اثر گذاشته و تنظیم ترشح آنها با شدت تمرین ارتباط دارد [۵۹]. بخشی از هایپرتروفی عضله اسکلتی به اثرات کوتاه مدت و بلندمدت هورمون رشد مرتبط است [۶۰]. مکانیسم هایی که تأثیر انواع تمرینات مقاومتی را در رشد عضلات اسکلتی تبیین می کنند، مهم و همواره مورد توجه بوده است.

۲-۳-۲-هورمون های مرتبط با قدرت و هایپرتروفی

پاسخ های تطابقی متعاقب تمرینات مقاومتی منجر به افزایش در اندازه، قدرت و توان عضلانی می-گردد. تطابقهای بافتی تحت تأثیر هورمون های مترشحه‌ی ناشی از تمرین قرار گرفته و شکل‌گیری مجدد بافت عضلانی در اثر ترشحات هورمونی ناشی از تمرینات مقاومتی به منظور فعالیت های آنابولیک اتفاق می‌افتد. و این امر موجب افزایش سنتز پروتئین های اکتین و میوزین و کاهش تجزیه پروتئین می‌شود. تغییرات ناشی از تمرینات مقاومتی در سطح هورمون ها و فیبرعضله، اساس تغییرات تطابقی هورمون‌ها در هایپرتروفی عضلانی است [۶۱،۶۲]. هایپرتروفی عضله اسکلتی با اعمال آنابولیکی چندین هورمون عمومی به هنگام فعالیت ورزشی کوتاه مدت تنظیم می‌شود. هورمون رشد، تستوسترون، IGF-1 کورتیزول، بتا-اندروفین و هورمون پاراتیروئید از جمله این هورمون‌ها هستند [۵۷]. بر اساس شواهد پژوهشی تمرین مقاومتی، منجر به پاسخ هورمونی حاد شده و سطح هورمون های آنابولیک نظیر هورمون رشد و تستوسترون حین و بلافاصله بعد از تمرین مقاومتی افزایش می یابند. افزایش این هورمون‌ها نقش مهمی در رشد شکل گیری بافت عضلانی ایفا می‌کنند [۱۳،۶۳]. از اینرو، گزارش شده است که سیستم اندوکرین، باعث حفظ تعادل حیاتی بدن و بهینه سازی اعمال فیزیولوژیک می‌گردد [۱۳].

تحقیقات گسترده‌ای تأثیر ورزش‌های مختلف بر پارامترهای خونی را مورد مطالعه قرار داده اند. بر اساس نتایج این تحقیقات ورزش‌های مختلف اثرات متفاوتی بر غلظت هورمون‌ها و سایر متغیرهای خونی دارد. اگر چه اهمیت فیزیولوژیکی بسیاری از این تغییرات در حال حاضر شناخته نشده است، اما چگونگی پاسخ این متغیرها به فعالیت‌های ورزشی دارای اهمیت است [۵۵]. در این راستا، افزایش سطح هورمون‌های آنابولیک در پاسخ به فعالیت های ورزشی استقامتی و فعالیت ورزشی مقاومتی گزارش شده است [۶۴].

IGF-1-هورمون ۱-۳-۲-۲

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 اندوکرین و اتوکرین می‌باشد. وزن مولکولی سوماتوستادین C حدود ۷۵۰۰ دالتون است. این هورمون تأثیر مهمی در افزایش همه جانبه رشد دارد [۶۵]. در واقع IGF-1 اثر آنابولیکی قوی بر بافت عضلانی دارد [۶۶]. نتایج تحقیقات انجام گرفته نشان می‌دهد سطح سرمی IGF-1 پس از تمرین مقاومتی افزایش می‌یابد [۶۸، ۶۹]. 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 [۶۹].

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 ازین 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 و ۶ با GH تنظیم می‌شوند و IGFBP نوع ۳ اعمال تقویت کننده‌ی 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 ویژگی های جنسی هستند. افزایش ترشح هورمون های گنادی هنگام بلوغ با غلظت زیاد GH و IGF-I همراه است. این موضوع تعامل بین GH و استروئید های جنسی را در رشد و حفظ توده ی اسکلتی و در نهایت رشد بدن نشان می دهد. افزایش هم زمان غلظت GH و IGF-I در پلازما هنگام بلوغ باعث می شود تا بازخورد IGF-I بر ترشح GH کاهش یابد [۵۸]. این هورمون آثار آنابولیک دارد و منجر به پدیده رشد بافتی می شود. افزایش سطح کاتکولامین ها (آدرنالین و نورآدرنالین) به هنگام ورزش نیز محرکی بر ترشح GH است. پس از افزایش ترشح GH، IGF-1 نیز به نوبه خود افزایش می یابد. لذا می توان انتظار داشت که اثرات آنابولیک آن به صورت رشد عضلانی-اسکلتی ظاهر شود [۶۹،۷۰].

پروتئین های متصل به IGF-1 (IGFBPs) بر عملکرد این هورمون ها تأثیر دارند. این پروتئین ها نیمه عمر IGF-1 را در خون افزایش داده و سطح IGF-1 آزاد را در خون کاهش می دهند [۶۷،۷۱]. 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 می کنند. براساس شواهد پژوهشی غلظت هورمون های لوتئینی و تستوسترون در پسران ۱۶ تا ۱۸ ساله بعد از ۲۰ کیلومتر دویدن بطور مساوی افزایش می یابد [۷۲].

به هنگام مطالعه پاسخ این هورمون ها به فعالیت ورزشی، باید عوامل ژنتیکی، فیزیکی و عملکردی فرد را نیز مورد توجه قرار گیرد. بررسی پاسخ متابولیکی و هورمونی به تمرینات مقاومتی می تواند یکی از عوامل مؤثر برای توسعه عملکرد ورزشی را شناسایی نماید که خود یک عامل مهم بهبود رشد عضلانی دوران بلوغ و نوجوانی نیز شمار می رود. میزان رشد سلولی بدن یک فرد به فعالیت هورمون ها بی مانند GH، انسولین، IGFs و هورمون های جنسی استروئیدی وابسته است. برخی از این هورمون ها به طور مستقیم فرایند متابولیکی را در زمان استراحت و تمرین تنظیم می کنند این در حالیست که دیگر هورمون ها از جمله انسولین این فرایند را به طور غیرمستقیم کنترل می کند [۱۲].

فیاتاروق سینق و همکاران (۱۹۹۹) در بررسی تأثیر تمرین مقاومتی بر IGF-1 عضلات اسکلتی در سالمندان لاغر دریافتند ورزش باعث افزایش ۲/۵ برابری میوزین‌های جدید و افزایش IGF-1 شد. سالمندان لاغر به تمرین مقاومتی، به شکل بازسازی بافت عضلات اسکلتی است و در صورت دریافت انرژی کافی، اندازه توده عضلانی پس از تمرین مقاومتی بطور معناداری افزایش می‌یابد [۷۳]. این درحالیست که نتایج برخی تحقیقات نشان می‌دهند تمرین مقاومتی تأثیری بر IGF-1 ندارد [۷۴].

۲-۲-۳-۲-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 [۷۵]. 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 پلازما، کاهش سنتز گلیکوژن، افزایش سنتز کلاژن، افزایش نگهداری نیتروژن و افزایش انتقال اسیدامینه از غشاء سلول می‌شود. عامل اصلی هورمون رشد سنتز پروتئین است و علاوه بر آن می‌تواند غلظت گلوکز پلازما را از طریق مستقیم حفظ و بر متابولیسم کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها تأثیر بگذارد [۷۶-۷۸، ۶۲]. 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 [۷۷].

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 پروتئین های ویژه که مشابه ساختار مولکولی گیرنده GH است، در خون به گردش در می آید. عمل آنابولیکی GH، تحریک رشد بافت های خالص بدن از جمله جرم استخوان است. GH فرایند رشد را دو عمل کنترل می کند. عمل مستقیم GH، ایجاد تمایز بافتی از جمله بیان عوامل رشدی مثل IGF-1 و IGF-II و گیرنده های آنها در کبد و دیگر بافت های هدف مانند سلول های موجود در مناطق زایا و تکثیری نواحی رشدی اپی فیزی موجود در استخوان های 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 بافت های هدف، گسترش سلولی کلونی را تحریک می کند. 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 بافت های 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 اپی فیزی می شود و در موش هایی که هیپوفیز آنها برداشته شده، باعث رشد سریع تر آنها می شود. نتیجه یک بررسی اخیراً نشان داد که سهم نسبی انواع ۲۲ کیلو دالتونی و غیر ۲۲ کیلو دالتونی هورمون رشد می تواند 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 می یابد در کودکان مبتلا به نقص رشدی، سهم این نوع از هورمون رشد بیشتر می شود. هر دو نوع GH به یک اندازه شکل گیری استخوان را تحریک می کنند، 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 می تواند در خون شناسایی شود. این نوع GH می تواند موقتاً نسبت طبیعی انواع GH را در خون تغییر دهد [۵۷].

هورمون رشد در فعالیت های ورزشی بالاتر از آستانه بی هوازی رها می شود. 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 حیطه تمرینات مقاومتی تمرینات با بار کم و تکرار ۵ تا ۱۰ درمقایسه با تمرینات شدید با حداکثر تکرار، منجر به پاسخ های بزرگتری در GH می شود [۵۷]. هورمون رشد یا هورمون نمو در دوران کودکی و نوجوانی موثرتر است و باعث تحریک آنابولیکی پروتئین ها و در نتیجه ساخته شدن بافت های جدید می شود [۷۹]. پاسخ هورمونی حاد به هنگام تمرین مقاومتی بلافاصله و بعد از آن به شکل افزایشی سطح هورمون های آنابولیک نظیر هورمون رشد و تستوسترون بروز می کند که در رشد و شکل گیری مجدد بافت، بسیار مهم و حیاتی هستند [۱۲].

۲-۲-۳-۳-هورمون تستوسترون

هورمون تستوسترون توسط سلول های میان بافتی لیدینگ بیضه ترشح می شود. تستوسترون به دو شکل تستوسترون تام (TT) و تستوسترون آزاد (FT) می باشد که در خون یافت می شود. FT هر دو شکل تستوسترون غیر ترکیبی و ترکیبی با آلبومین را شامل می شود. تستوسترون علاوه بر اثرات مستقیم بر سنتز پروتئین در بافت عضله، با افزایش آزاد سازی هورمون رشد (که منجر به سنتز IGF-1 در کبد می شود)، به طور غیر مستقیم بر محتوی پروتئینی فیبر عضله اثر می کند [۸۰، ۷۶، ۱۲]. تستوسترون هورمونی آندروژنیک آنابولیک است که به میزان کمتر از تخمدان زنان نیز ترشح می شود. پیش سازهای هورمون تستوسترون بوسیله غده آدرنال که در بافت های محیطی قرار دارد، به تستوسترون تبدیل می شود. تولید تستوسترون در مردان منجر به غلظت هایی از سرم می شود که تقریباً ۱۰-۲۰ برابر غلظت در زنان است. آزاد سازی تستوسترون توسط تحریک هورمون تخمدانی انجام می شود خود در واکنش به آزاد سازی هورمون محرک غدد جنسی از هیپوتالاموس، توسط غده-هیپوفیز ترشح می شود [۵۹].

تستوسترون از طریق کانال های غیر ژنومی و ژنومی عمل می کند. بیشتر آنچه که در مورد مسیرهای ژنومی و گیرنده های آندروژنی مطرح است، از بافت های پروستات و تکثیر سلولی ناشی می شود. ازینرو

آشنایی با فیزیولوژی عضله اسکلتی انسان، درک کاملتری از تأثیر آندروژن‌ها بر بیولوژی عضله اسکلتی فراهم می‌کند. در کانال‌های ژنومی، تستوسترون از غشا پلازما عبور کرده و به گیرنده آندروژن سایتوسالیک می‌رسد به هسته سلولی منتقل می‌شود. در هسته سلول، زنجیره‌های پیچیده در گیرنده‌ها به عوامل واکنش آندروژنی باعث افزایش یا سرکوب ژن هدف می‌شود. اعمال ژن تستوسترون در عضله اسکلتی به روشنی معلوم نیست. اما گزارش شده که تستوسترون شامل ژن‌هایی است که محتوی پروتئین‌های تنظیم کننده عکس‌العمل DNA، رشد عصب، فعالیت پروتئین‌ها (ناقل، تمایز) و هایپرتروفی است [۵۹].

دقیقا مشخص نشده است که استروئیدهایی مثل تستوسترون چگونه وارد سلول می‌شوند. اما دومکانیزم در مورد چگونگی عملکرد یک هورمون استروئیدی بر فعالیت بیولوژیکی درون سلولی وجود دارد. اول اینکه بخش آزاد استروئیدها از غشا پلازما بوسیله انتشار عبور کرده و یک واکنش سلولی ایجاد می‌شود. دوم اینکه پروتئین ناقل هورمون به هورمون جنسی گلوبولین متصل شده و یک لایه سلول به نام گیرنده تشکیل می‌شود. وقتی پروتئین ناقل کاهش می‌یابد، کمپلکس پروتئین ناقل هورمون به گیرنده آندروژنی درون سلولی می‌چسبد. تستوسترون به عنوان یک هورمون غیر ژنومی سریع نیز می‌تواند از طریق مکانیزم‌های مختلفی اتفاق بیفتد [۵۹].

هورمون تستوسترون در افزایش سنتز پروتئین نقش دارد. لذا می‌توانند باعث بهبود برخی از عوامل آمادگی جسمانی حتی بدون تمرین گردد. نتایج مطالعات انجام گرفته نشان داد که تمرینات مقاومتی باعث افزایش حاد غلظت تستوسترون پلازما در پسران بالغ می‌گردد، اما تأثیری بر غلظت پلاسمایی آن در پسران زیرسن بلوغ ندارد [۵۶]. تستوسترون نقش مهمی در هایپرتروفی عضله دارد. از اینرو تفاوت در افزایش قدرت عضلانی متعاقب تمرینات مقاومتی در دوران قبل و بعد از بلوغ می‌تواند به تغییرات متغییرهای مرتبط با هایپرتروفی عضله نسبت داده شود [۵۹].

۲-۲-۳-۴-هورمون کورتیزول

هورمون کورتیزول، گلوکوکورتیکوئید اولیه ترشح شده توسط کورتکس آدرنال است. کورتیزول به هنگام گرسنگی و تمرینات طولانی مدت ترشح می شود و از طریق مکانیسم های مختلف (افزایش در کبد، تحریک آزادسازی اسید چرب آزاد از بافت چربی و جلوگیری از ورود گلوکز به بافت) به حفظ غلظت پلاسمایی گلوکز کمک می کند. افزایش طولانی مدت سطح کورتیزول می تواند اثرات زیانباری داشته باشد، اگرچه افزایش حاد آن، مسئول بخشی از فرایندهای شکل گیری مجدد بافت عضله می شود. نقش کورتیزول در سرکوب کردن سلول های سیستم ایمنی (از جمله سلول های T) بطور مستقیم ریکآوری و شکل گیری مجدد بافت عضله اسکلتی را کنترل می کند [۱۳، ۷۶]. کورتیزول یکی از مهمترین هورمون های تنظیم کننده متابولیسم کربوهیدرات ها و چربی ها است که با افزایش بسیج چربی ها از بافت چربی استفاده بیشتر از چربی ها رابه عنوان منبع سوخت تحریک می کند و در نتیجه باعث افزایش تولید انرژی در سلول های عضلانی می شود [۸۱]. کورتیزول با تأثیر بر روی عضلات و بافت چربی، سوخت لازم برای انجام فعالیت شدید را فراهم می سازد. و با تغییر نوع و مقدار آنزیم ها باعث تغییر در روند متابولیسم می گردد. در بافت چربی، کورتیزول آزادسازی اسیدهای چرب از تری آسیل گلیسرول های ذخیره شده را تحریک می کند. اسیدهای چرب آزاد شده به خون انتقال داده شده و به عنوان سوخت در اختیار بافت های مختلف بویژه عضلات قرار می گیرد. بلافاصله پس از شروع فعالیت ورزشی برداشت اسیدهای چرب از بافت چربی موجب افزایش غلظت این ترکیبات در خون می شود و با ورود اسیدهای چرب به سلول های عضلانی مهمترین ماده سوخت و تولید انرژی در فعالیت های ورزشی تأمین می گردد [۸۲]. در ورزشکاران قدرتی مانند وزنه برداران، استرس به عنوان یک عوامل خارجی مستقیماً در تحریک و ترشح کورتیزول تأثیر می گذارد و از آنجائیکه ورزش نیز به عنوان یک استرس پیش بینی شده شناخته شده است، لذا در انواع مختلف ورزش ها افزایش غلظت پلاسمایی کورتیزول با مقادیر متفاوت گزارش شده است. براساس شواهد پژوهشی موجود، طول مدت فعالیت با سطح کورتیزول خون ارتباط مستقیم دارد [۸۳].

با اینحال نتایج پژوهشی‌های انجام گرفته نشان می‌دهد تمرین قدرتی موجب افزایش غلظت کورتیزول [۸۴،۱۹] و تمرین استقامتی موجب کاهش غلظت تستوسترون و افزایش غلظت کورتیزول می‌شود [۸۵، ۶۲]. اگرچه نسبت تستوسترون به کورتیزول به عنوان یک شاخص مناسب برای نشان دادن روند آنابولیک و کاتابولیک مطرح است [۸۶].

۲-۲-۴- مزیت تمرینات مقاومتی BFR به تمرینات مقاومتی بدون BFR

مزیت‌های مختلف مانند افزایش توان حرکتی، واکنش هورمونی، فاکتورهای رشد و همچنین افزایش سنتز پروتئین عضله برای تمرینات مقاومتی 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 بی‌هوازی 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 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 [۴۷].

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 مقاومتی 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 تند انقباض منتهی می‌شود [۴۷]. برخی تحقیقات ثابت کرده است که در تمرینات BFR میزان

گلیکوژنولیز و میزان کاهش کراتین فسفات در بافت های نوع I در مقایسه با شرایطی که مسیر جریان خون محدود نیست تا حد قابل توجهی افزایش می یابد [۵۹].

۲-۲-۵- تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون و هایپرتروفی

تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون از طریق مکانیسم های مختلفی باعث هایپرتروفی عضلانی می شود. براساس متداول ترین مکانیسم شناخته شده، سطح هورمون رشد (GH) پس از این تمرینات، عامل اصلی هایپرتروفی است. این هورمون از طریق افزایش سنتز پروتئین های عضله نقش مهمی در هایپرتروفی عضله اسکلتی پس از تمرینات مقاومتی ایفا می کند [۸۷]. محدودیت جریان خون عضلات (BFR) در طول تمرینات مقاومتی باعث افزایش حجم توده عضله و بهبود قدرت عضلانی، مشابه با تمرینات مقاومتی سنتی با شدت بالا می شود. این درحالیست که شدت تمرینات مقاومتی با جریان خون محدود شده بسیار پایین تر 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 توده عضلات ران را در افراد بزرگسال افزایش می دهد [۸۸]. 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 می دهد انقباض درون گرا 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 شده است، نشان داده اند که انقباض برون گرا با تکرار یکسان نسبت به تمرینات درون گرا، تأثیر بیشتری روی هایپرتروفی عضلانی دارد [۸۹]. از سوی دیگر براساس نتایج مطالعات، یک جلسه تمرینات مقاومتی کم شدت با جریان خون محدود شده، باعث تحریک سلول های آنابولیک شده و حتی ۳ ساعت پس از اتمام تمرین افزایش ساخت پروتئین های عضله ادامه می یابد [۹۰].

همچنین متعاقب یک جلسه تمرین پرس سینه با جریان خون محدود شده و شدت پایین، تغییرات حاد در سایز هر دو عضله سه سر بازویی و عضله سینه ای مشاهده شد و سطح مقطع عرضی هر دو عضله به دنبال پرس سینه با جریان خون محدود شده افزایش یافت [۲۸]. براساس شواهد پژوهشی بطور کلی تمرین مقاومتی با شدت ۲۰ درصد یک تکرار بیشینه فقط زمانی می تواند منجر به افزایش قدرت و 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 ۱ تکرار بیشینه) می شود [۴۷].

۲-۲-۶- تغییرات سطح هورمون های مرتبط با هایپرتروفی عضلانی در تمرینات BFR

یکی از محتمل ترین مکانیسم افزایش هایپرتروفی عضلانی پس از تمرینات BFR افزایش سطح میزان هورمون رشد (GH) است. اعتقاد بر این است که این هورمون از طریق افزایش سنتز پروتئین های عضله نقش مهمی در هایپرتروفی عضله اسکلتی پس از تمرینات مقاومتی می شود ایفا می کند [۸۷]. افزایش شدت تمرین های مقاومتی با افزایش سطح هورمون رشد، تستوسترون، کورتیزول، فاکتورهای رشد شبه انسولین (IGF-1)، انسولین، کاتکولامین ها همراه است. کرامر و راتامس (۲۰۰۵) افزایش معنادار نیز در تمرین حاد در سطح GH بعد از یک دوره تمرین حاد ورزشی گزارش شده است [۵۹]. میزان سطح هورمونی پس از تمرینات مقاومتی با محدودیت و بدون محدودیت جریان خون با هایپرتروفی عضلانی اسکلتی ارتباط دارد. در همین راستا گزارش شده است که تمرینات طولانی مدت ترشح هورمون های غدد درون ریز را تحریک می کند. ۱۵ هفته تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون کردند که هایپرتروفی عضلانی با تمرین مقاومتی بدون یک بار خارجی با وجود هورمون های غدد درون ریز افزایش می یابد [۸۷]. 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 [۴۲]. علاوه به نوع تمرین، مدت زمان استراحت بین ست های تمرین نیز از عوامل مؤثر بر میزان ترشح هورمون رشد است. گزارش شده است که استراحت کوتاه مدت ۱ دقیقه ای بین ست های 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 [۱۵]. یکی از فرایندهای اولیه در تحریک غده هیپوفیز برای ترشح هورمون رشد و هورمون‌های استروئیدی جنسی محصولات فرعی متابولیک مانند لاکتات و یون H^+ است [۹۱]. هورمون رشد و کورتیزول به دلیل نقش بالقوه آنها در سازگاری به تمرینات مقاومتی به طور گسترده مورد توجه قرار گرفته است. پاسخ غدد درون ریز به تمرینات مقاومتی با شدت و حجم تمرین مقاومتی ارتباط دارد. تمرینات با حجم بالا و متوسط، و همچنین تمرینات با شدت بالا باعث افزایش سطوح هورمون‌های رشد و کورتیزول می‌شود [۹۲]. در پاسخ هورمون رشد (GH) به تمرین، نیازهای سوخت و ساز و هیپوکسی است. تمرینات مقاومتی کم شدت با محدودیت جریان خون توسط تورنیکت (شریان بند) یک روش مفید برای تمرینات قدرتی است که ممکن است نقش مهمی داشته باشد. بطوریکه تمرینات با شدت بالا معادل (۸۰ درصد ۱ تکرار بیشینه) باعث افزایش تولید ۱۰۰ برابری غلظت پلاسمایی GH می‌شود. درحالی 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 [۵۲].

۳-۲- ادبیات تحقیق

۳-۲-۱- تأثیر تمرینات مقاومتی بر سطح هورمون رشد، IGF-1، تستوسترون و کورتیزول

در سال ۱۳۸۵ مردی و همکاران تحقیقی تحت عنوان تأثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی بر پاسخ برخی از هورمون‌های آنابولیک انجام دادند. در این تحقیق ۱۵ دانشجوی غیر ورزشکار با میانگین سنی 18.8 ± 1 سال انتخاب شدند. برنامه تمرین مقاومتی که شامل سه حرکت پرس سینه، سرشانه و جلو بازو برای عضلات بالا تنه و سه حرکت پرس پا، پشت ران و جلو ران برای عضلات پایین تنه بود، با شدت ۸۰ درصد 1RM، به مدت ۱۲ هفته، هفته‌ای سه جلسه و هر جلسه ۳۰ دقیقه انجام شد. نمونه خونی قبل و بعد از تمرین در حالت ناشتا گرفته شد. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد پس از ۱۲ هفته تمرین مقاومتی منتخب، سطح هورمون‌های تستوسترون، GH و IGF-1 بطور معناداری افزایش یافت [۶۵].

در سال ۱۳۸۸ صادقی بروجردی و همکاران تحقیقی تحت عنوان پاسخ هورمون‌های GH و IGF-1 به دو برنامه تمرین مقاومتی شدید هم حجم و با زمان‌های استراحتی متفاوت بین ست‌ها انجام دادند. آزمودنی‌های این تحقیق، ۱۵ ورزشکار رشته پرورش اندام با میانگین سن 22 ± 2 سال بودند که ۲ سال سابقه انجام تمرین با وزنه را داشتند. آزمودنی‌ها دو برنامه تمرین مقاومتی مختلف را که از نظر حجم یکسان (حرکت پرس سینه و اسکات با ۵ ست \times ۱۰ تکرار) ولی از نظر استراحت بین ست‌ها متفاوت بودند انجام دادند (۱ دقیقه در برابر ۳ دقیقه استراحت). برنامه اول شامل ۵ ست با شدت ۵۰ درصد 1RM و ۱ دقیقه استراحت بین ست‌ها و برنامه دوم ۵ ست با شدت ۷۰ درصد 1RM و ۳ دقیقه استراحت بین ست‌ها بود. وقتی آزمودنی قادر به انجام ۱۰ تکرار بود، ۵ درصد بار اضافه اعمال شد. فاصله استراحت بین دو برنامه تمرینی ۲ روز بود. سطوح هورمونی قبل و بلافاصله پس از تمرین و همچنین ۱ ساعت پس از اتمام تمرین اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج پژوهش، پس از هر دو برنامه تمرینی، غلظت هورمون GH نسبت به قبل از تمرین افزایش معناداری مشاهده شد. همچنین، مقایسه تأثیر دو برنامه نشان داد GH در برنامه تمرین مقاومتی با استراحت کوتاه مدت (۱ دقیقه) نسبت به برنامه تمرین مقاومتی با استراحت بلندمدت (۳ دقیقه) افزایش معناداری داشت. تغییرات هورمون IGF-1 نسبت به قبل از تمرین، بلافاصله پس از هر دو برنامه تمرین مقاومتی از نظر آماری معنادار نبود. اما افزایش معناداری در غلظت این هورمون ۱ ساعت بعد از انجام هر دو برنامه مشاهده شد. محققان اظهار داشتند که زمان استراحت بین ست‌ها در تمرینات مقاومتی، متغیر مهمی در پاسخ هورمون‌های GH و IGF-1 محسوب می‌شود و استراحت کوتاه مدت (۱ دقیقه) بین دوره‌های تمرینی نسبت به استراحت بلندمدت (۳ دقیقه) باعث افزایش بیشتر در سطح هورمون‌های آنابولیک می‌شود [۹۳].

در سال ۱۳۸۹ رزمجو و همکاران تحقیقی تحت عنوان اثر حاد و مزمن دو نوع تمرین مقاومتی هرمی و هرمی واژگون بر سطح سرمی IGF-1 دختران غیرورزشکار انجام دادند. در این تحقیق ۲۷ دختر غیرورزشکار (میانگین سن $20/2 \pm 18/55$ سال، وزن $56 \pm 9/86$ کیلوگرم، قد $162 \pm 5/33$ سانتی

متر) شرکت کردند که به طور تصادفی در سه گروه هرمی (۱۰ نفر)، هرمی واژگون (۱۰ نفر) و کنترل (۷ نفر) قرار گرفتند. گروه هرمی و هرمی واژگون به مدت شش هفته، هفته‌ای سه جلسه تمرین کردند. حرکت در هر ایستگاه در سه ست با ۲ دقیقه استراحت بین ست‌ها انجام شد. تمرین ست اول گروه هرمی با ۵۰ درصد 1RM، ست دوم با ۷۵ درصد 1RM و ست سوم با ۱۰۰ درصد 1RM اجرا شد. ترتیب ست‌ها در گروه هرمی واژگون به صورت معکوس اجرا شد. گروه کنترل نیز فعالیت عادی روزانه خود را انجام دادند. نمونه خونی آزمودنی‌ها قبل و بلافاصله پس از جلسه اول، قبل و بلافاصله پس از جلسه آخر گرفته شد. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد سطح هورمون IGF-1 بعد از یک جلسه تمرین در هر دو گروه بطور معناداری کاهش یافت. پس از ۶ هفته تمرین تفاوت بین غلظت IGF-1 سه گروه معنادار نبود. قدرت بیشینه حرکات در دو گروه تمرین به طور مشابه افزایش یافت و بین قدرت بیشینه حرکات در دو گروه تمرین تفاوت معناداری مشاهده نشد. نتایج همچنین نشان داد که قدرت بیشینه حرکت جلو بازو در گروه هرمی واژگون افزایش بیشتری در مقایسه با گروه هرمی داشت. محققان سازگاری‌های عصبی را دلیل احتمالی افزایش قدرت پس از تمرین مقاومتی هرمی و هرمی واژگون می‌دانند [۷۳].

کارگرفرد و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی، اثر ۴ برنامه تمرین مقاومتی را بر میزان ترشح هورمون رشد در ورزشکاران مرد مبتدی مقایسه کردند. در این تحقیق ۱۲ مرد سالم با میانگین سن ۲۲/۳۰ سال به صورت تصادفی انتخاب شدند. حرکت اکستنشن زانو بر روی دستگاه بدنسازی به عنوان تمرین قدرتی در نظر گرفته شد. قبل از اجرای برنامه تمرین، 1RM در حرکت اکستنشن زانو اندازه گیری شد. برنامه تمرینی اول، شامل ۵ ست حرکت اکستنشن زانو بر روی دستگاه با شدت ۹۰ درصد 1RM بود. در هر ست، حرکت را تا حد واماندگی انجام شد. زمان استراحت بین هر ست ۳ دقیقه بود. برنامه دوم، شامل ۵ ست حرکت اکستنشن زانو با ۹۰ درصد 1RM و فاصله استراحت ۳ دقیقه بین هر ست بود. پس از اجرای آخرین ست، آزمودنی به مدت ۳۰ ثانیه استراحت کردند و سپس دوباره حرکت با ۵۰ درصد 1RM و تا حد واماندگی ادامه یافت. در برنامه سوم و چهارم، ست ششم به ترتیب با ۳۰ و ۲۰ درصد

1RM تا حد واماندگی اجرا شد. فواصل استراحتی بین حرکات در هر چهار برنامه یکسان بود. بین اجرای هر دو برنامه، یک هفته فاصله زمانی وجود داشت که در این هفته، آزمودنی‌ها برنامه عادی خود را (دو جلسه تمرین مشابه برای همه آزمودنی‌ها) اجرا کردند. خونگیری قبل و بلافاصله بعد از هر برنامه تمرینی انجام شد و غلظت هورمون رشد به روش الایزا (ELISA) اندازه‌گیری شد.

بر اساس نتایج حاصل از تحقیق، افزایش معناداری در غلظت GH پس از اجرای برنامه دوم و سوم مشاهده شد. در حالیکه پس از برنامه اول و چهارم باعث تغییر معناداری در میزان GH پس از تمرین مشاهده نشد. محققان اظهار داشتند انجام یک دوره تمرین قدرتی با شدت ۵۰ درصد یا ۳۰ درصد 1RM تا حد واماندگی پس از یک برنامه تمرینی با شدت بالا و تکرار کم، باعث افزایش معنادار سطح GH پس از تمرین می‌شود [۹۶].

صفرزاده گرگری (۱۳۸۹) در تحقیقی تحت عنوان بررسی تأثیر دو نوع تمرین مقاومتی بر پاسخ حاد غلظت کورتیزول پلازما در مردان ورزشکار، ۲۰ مرد ورزشکار (با میانگین سنی $20/28 \pm 1/6$ سال و وزن $70/2 \pm 6/1$ کیلوگرم، قد: $175 \pm 6/95$ سانتی متر) را مورد مطالعه قرار دادند. آزمودنی‌ها بعد از پر کردن فرم رضایت نامه کتبی، به صورت تصادفی به دو گروه ۱۰ نفری تقسیم شدند. تمرینات گروه اول (ترکیبی) در دور اول تمرین، یک حرکت برای بالاتنه بعد بلافاصله و بدون استراحت یک حرکت برای پایین تنه را با ۶۰ درصد 1RM انجام دادند. آزمودنی‌ها بعد از یک دقیقه استراحت حرکت بعد را با همان شدت و برای گروه عضلانی دیگر طبق روش ذکر شده انجام دادند. بعد از اتمام این تمرین و ۱ دقیقه و ۳۰ ثانیه استراحت، ست دوم را با ۷۰ درصد و ست سوم را با ۸۰ درصد 1RM با همان ترتیب انجام دادند. گروه دوم (غیرترکیبی) تمرین عضلات پایین تنه را بعد از تمرین عضلات بالا تنه انجام دادند. آزمودنی‌ها یک حرکت مشخص را با شدت ۶۰ درصد 1RM شروع کرده و پس از ۱ دقیقه استراحت، ست دوم را با ۷۰ درصد 1RM و ست سوم را با ۸۰ درصد 1RM برای همان گروه عضلانی انجام دادند. پس یک دقیقه و ۳۰ ثانیه استراحت، حرکت دوم را برای گروه عضلانی دیگری با همان ترتیب انجام دادند. نمونه خون قبل و بلافاصله بعد از تمرین از همه آزمودنی‌ها گرفته شد.

نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که غلظت کورتیزول سرم بلافاصله بعد از تمرین در هر دو گروه در مقایسه با قبل از تمرین بطور معناداری افزایش یافت؛ این در حالیست که تفاوت بین غلظت کورتیزول دو گروه در پایان مطالعه از لحاظ آماری معنادار نبود. [۹۵].

هاشمی چاشمی و همکاران (۱۳۹۱) تحقیقی تحت عنوان مقایسه اثر یک جلسه تمرین مقاومتی با شدت متوسط بر میزان هورمون رشد زنان فعال و غیرفعال انجام دادند. در این تحقیق پس از تکمیل پرسشنامه ویژگیهای فردی توسط ۱۰۰ دانشجوی دختر (رشته تربیت بدنی و غیر تربیت بدنی)، ۲۰ نفر از آنها به طور تصادفی در دو گروه فعال و غیرفعال تقسیم شدند. ۱۰ نفر گروه فعال را دانشجویان تربیت بدنی تشکیل دادند که حداقل طی دو سال گذشته، فعالیت مستمر ورزشی داشتند و ۱۰ نفر گروه غیرفعال، دانشجویانی بودند که در دو سال گذشته فعالیت ورزشی نداشتند. همه آزمودنیها از سلامت کامل برخوردار بوده و سابقه هیچگونه بیماریهای قلبی-عروقی، تنفسی و کبدی و همچنین اختلالات هورمونی نداشتند و از قاعدگی منظمی برخوردار بودند. اندازه‌گیری قد و وزن و شاخص توده بدنی آزمودنیها در مرکز سنجش آکادمی ملی المپیک انجام شد و آزمودنیها، تمام مراحل مختلف مربوط به پروتکل تمرینی را در دو روز مختلف به فاصله یک هفته انجام دادند. در اولین مرحله در یک جلسه تمرین قدرتی، 1RM آزمودنیها ثبت گردید. سپس در جلسه‌ای دیگر آزمودنیها بعد از ۱۰ دقیقه گرم کردن، تمرین مقاومتی را بر روی دستگاههای بدنسازی که شامل پرس سینه، پرس پا، لیفت مرده (بالا کشیدن هالتر)، تقویت عضلات پشت (Upper Back) بود، با شدت‌های ۵۰، ۶۰، ۷۰ درصد 1RM با ۴ تکرار و ۴ ست و با یک تا دو دقیقه زمان استراحت بین ستها، به مدت ۵۰ دقیقه انجام دادند. نمونه خونی قبل و بلافاصله بعد از تمرین جمع‌آوری شد.

نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که تمرین مقاومتی با شدت متوسط، باعث کاهش میزان هورمون رشد زنان فعال نسبت به زمان قبل از تمرین شد؛ در حالیکه میزان هورمون رشد در زنان غیرفعال نسبت به زمان قبل از تمرین افزایش یافت. اختلاف مقادیر هورمون رشد در دو گروه، پس از تمرین معنادار نبود.

لذا محققان نتیجه‌گیری کردند که یک جلسه تمرین مقاومتی با شدت متوسط باعث تغییر معنادار هورمون رشد نمی‌شود. [۹۶].

شاکری و همکاران (۱۳۹۰) تحقیقی تحت عنوان تأثیر نوع تمرین قدرتی، استقامتی و ترکیبی را بر غلظت سرمی تستوسترون و کورتیزول مردان جوان تمرین نکرده انجام دادند. در این تحقیق از بین ۸۶ دانشجوی پسر واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی که براساس پرسشنامه تکمیلی و معاینه بالینی، سابقه آسیب‌های ارتوپدی، مصرف دارو و تمرین منظم در ۳ ماه گذشته را نداشتند، ۲۴ نفر به روش تصادفی انتخاب و در ۳ گروه ۸ نفری قرار گرفتند. آزمودنی‌ها به مدت ۱۲ هفته و هفته‌ای ۳ جلسه تمرین کردند. در گروه قدرتی ابتدا 1RM آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. برنامه هر جلسه تمرین قدرتی پویا شامل پرس پا، صاف و خم کردن زانو، تمرین عضلات دور و نزدیک کننده ران بود. برای تعیین اصل اضافه بار، هر چهار هفته 1RM مجدداً اندازه‌گیری شد. هر جلسه تمرین شامل ۸، ۱۰ و ۱۲ تکرار برای هر حرکت به صورت پشت سر هم با ۷۰، ۸۰ و ۸۵ درصد 1RM با دو دقیقه زمان استراحت فعال بین تکرارها بود. برنامه هر جلسه تمرین استقامتی شامل تمرین اینتروال بر روی چرخ کار سنج بود. اصل اضافه بار براساس درصدی از ضربان قلب یکنواخت هر چهار هفته به صورت فزاینده (چهار هفته نخست ۴ تکرار ۳ دقیقه‌ای با ۷۵ درصد، چهار هفته دوم ۶ تکرار ۳ دقیقه‌ای با ۸۰ درصد و چهار هفته سوم ۸ تکرار ۳ دقیقه‌ای با ۸۵ درصد ضربان قلب تعیین شد. برنامه تمرین گروه ترکیبی شامل؛ نیمی از برنامه تمرینی گروه قدرتی و استقامتی به تناوب بود. خونگیری در ۳ نوبت، پیش از شروع جلسه اول، شروع هفته ششم و دوازدهم، با فاصله زمانی ۶ ساعت پیش از اجرای هر جلسه تمرین انجام گرفت. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد غلظت تستوسترون تام و آزاد در گروه قدرتی و ترکیبی، افزایش معنادار داشت. نسبت تستوسترون تام به کورتیزول در گروه قدرتی پس از ۶ هفته، افزایش و در پایان هفته ۱۲ کاهش یافت. بین غلظت کورتیزول سه گروه پس از ۶ و ۱۲ هفته تمرین تفاوت معناداری مشاهده نشد. تمرین ترکیبی نسبت به تمرین قدرتی با افزایش قدرت کمتر و نسبت به

تمرین استقامتی با افزایش قدرت بیشتری همراه است. محققان اظهار داشتند که تمرین ترکیبی می-تواند موجب بهبود بروز سازگاری سیستم آندوکراین و عملکرد عضلانی شود [۹۷].

صفرزاده گرگی و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیقی تأثیر تمرین مقاومتی بر پاسخ حاد هورمون تستوسترون و GH را در افراد کمتر و بیشتر از ۱۸ سال بررسی کردند. در این تحقیق ۱۰ پسر با میانگین سنی ۱۶ سال و ۱۰ پسر با میانگین سنی ۲۱/۸ شرکت کردند. برنامه تمرین شامل دو حرکت پرس سینه و اسکوات پا با شدت ۷۵ درصد 1RM، ۳ ست با ۱۰-۱۲ تکرار و ۳ دقیقه استراحت بین ست‌ها و تمرینات بود. نمونه خون قبل و بلافاصله بعد از تمرین جمع آوری شد. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد غلظت تستوسترون و GH در هر دو گروه در مقایسه با پیش از تمرین، بطور معناداری افزایش یافت؛ اما پس از تمرین، بین غلظت این هورمون‌ها در دو گروه تفاوت معناداری مشاهده نشد. محققان اظهار داشتند که سن بر پاسخ این هورمون‌ها به تمرین مقاومتی مؤثر نیست و احتمالاً پسران زیر ۱۸ سال بتوانند همانند افراد بالای ۱۸ سال با انجام تمرین مقاومتی قدرت و حجم عضلات خود را افزایش داده و عملکرد ورزشی خود را بهبود بخشند [۵۵].

توفیقی و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیقی اثر سه نوع تمرین هوازی، مقاومتی و موازی را بر میزان ترشح GH و IGF-1 در زنان سالمند بررسی کردند. در این تحقیق ۶۰ زن سالمند به صورت تصادفی به چهار گروه هوازی (۱۵ نفر)، مقاومتی (۱۵ نفر)، موازی (۱۵ نفر) و شاهد (۱۵ نفر) تقسیم شدند.

برنامه‌های تمرینی به مدت ۸ هفته از ساده به مشکل و از شدت کم به زیاد با در نظر گرفتن اصل اضافه بار و افزایش شدت تمرین انجام شد. برنامه تمرینی گروه هوازی در هفته اول شامل دویدن با شدت ۳۵ تا ۴۵ درصد ضربان قلب هدف به مدت ۱۶ دقیقه بود که به ۶۰ درصد ضربان قلب هدف و مدت ۳۰ دقیقه در هفته هشتم رسید. شدت تمرین با تعیین ضربان قلب آزمودنی‌ها قبل از شروع تمرین، حین اجرا و پس از انجام فعالیت در هر جلسه توسط آزمونگر با استفاده از ضربان سنج پولار کنترل شد. برنامه تمرینی گروه مقاومتی شامل پرس سینه، پرس پا، پشت پا، کشش زیر بغل، جلو بازو و کشش دو طرفه به طرف پایین (Lat pull down) در برگیرنده عضلات بزرگ بالا تنه و پایین

تنه بود. برنامه تمرین این گروه از ۲ ست با ۱۰ تکرار و ۳۰ درصد IRM در ابتدای تمرین به ۳ ست با ۶ تکرار و ۶۰ درصد IRM و ۲ دقیقه استراحت در پایان دوره تمرین رسید. برنامه تمرین گروه موازی مجموع دو برنامه تمرین قدرتی و استقامتی بود. گروه موازی یک روز با گروه استقامتی و روز دیگر با گروه مقاومتی مطابق با برنامه‌های تمرین ارائه شده به گروه‌های مقاومتی و استقامتی تمرین کردند. ۴۸ ساعت قبل از شروع فعالیت ورزشی و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین در هفته چهارم و ۴۸ ساعت بعد از پایان آخرین جلسه تمرین نمونه خونی از آزمودنی‌ها در حالت ناشتا گرفته شد. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که ۸ هفته فعالیت ورزشی منظم (مقاومتی، هوازی و موازی) باعث افزایش معنادار مقادیر GH و IGF-1 در زنان سالمند شد. نتایج همچنین نشان داد تمرین مقاومتی باعث افزایش بیشتر سطح GH و IGF-1 نسبت به تمرین هوازی و موازی گردید [۶۴].

اخیراً اراضی و همکاران (۱۳۹۳) تحقیقی تحت عنوان مقایسه پاسخ حاد هورمونی متعاقب فعالیت مقاومتی با شدت متوسط در مردان جوان و میانسال انجام دادند. در این تحقیق ۱۰ مرد جوان و سالم (سن: $21/2 \pm 2/23$ سال) و هشت مرد میانسال (سن: $49/7 \pm 2/10$ سال) به صورت داوطلبانه شرکت کردند. آزمودنی‌ها یک هفته بعد از تعیین 1RM حرکت پرس سینه، تمرین مقاومتی حاد را با شدت متوسط (شامل ۴ نوبت ۱۲ تکراری با شدت تقریباً ۷۰ درصد IRM و با فاصله ۲ دقیقه استراحت بین نوبت‌ها) انجام دادند. نمونه خونی قبل، بلافاصله و ۳۰ دقیقه پس از اجرای تمرین گرفته شد. بر اساس نتایج تحقیق، در هر دو گروه، افزایش معناداری در تستوسترون، GH، کورتیزول بلافاصله و ۳۰ دقیقه بعد از اجرای تمرین مقاومتی مشاهده شد. سطح GH گروه جوان در مقایسه با گروه میان سال، ۳۰ دقیقه پس از انجام تمرین افزایش معناداری یافت. بر اساس یافته‌های به دست آمده، محققان اظهار داشتند، تمرین مقاومتی با شدت متوسط می‌تواند با تحریک هورمونی بیشتر، اثربخشی آن را حین ریکاوری افزایش دهد. این افزایش به ویژه برای کاهش اثرات سن بر وضعیت فیزیولوژیک و جسمانی افراد میانسال حائز اهمیت است [۹۸].

در همان سال، حسینی کاخک و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیقی، تأثیر حاد دو برنامه تمرین مقاومتی با شدت متوسط، حجم برابر و سرعت‌های آهسته و سریع را بر برخی هورمون‌های آنابولیک و کاتابولیک بررسی کردند. در این تحقیق ۱۰ مرد جوان بدون سابقه تمرین مقاومتی به صورت داوطلبانه انتخاب شدند و به طور تصادفی در سه گروه کنترل (۳ نفر)، ورزش مقاومتی با حرکات آهسته (۳ نفر) و ورزش مقاومتی با حرکات سریع (۴ نفر) قرار گرفتند. برنامه تمرین شامل حرکات زیر بغل، پشت ران، پرس نظامی، پرس پا، پرس سینه، اکستنشن پا در چهار ست با ۱۰-۸ تکرار و شدت متوسط ۶۵-۶۰ درصد 1RM با ۹۰ ثانیه استراحت بین ست‌ها و دو دقیقه استراحت بین ایستگاه‌ها انجام شد. در برنامه تمرین آهسته، بالا بردن و پایین آوردن وزنه ۳ ثانیه و در برنامه تمرین سریع، بالا بردن و پایین آوردن وزنه ۱ ثانیه طول کشید. مدت زمان انجام هر جلسه حدود ۹۰ دقیقه بود. نمونه خونی قبل، بلافاصله و نیم ساعت بعد از ورزش گرفته شد. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد تمرین آهسته و سریع موجب افزایش معنادار GH (به ترتیب حدود ۲۵۰ و ۲۰۰ درصد) بلافاصله بعد از تمرین شد؛ اما بین غلظت GH دو گروه تفاوتی مشاهده نشد. در تمرین مقاومتی آهسته، بلافاصله بعد از تمرین مقادیر تستوسترون به طور معناداری افزایش یافت. تمرین مقاومتی آهسته و سریع تأثیری بر سطح کورتیزول نداشت [۹۹].

اگاساوارا و همکاران (۲۰۱۲) تحقیقی تحت عنوان مقایسه ۶ ماه تمرین قدرتی پیوسته و دوره‌ای بر هایپرتروفی و قدرت عضله انجام دادند. در این تحقیق ۱۴ مرد سالم جوان که حداقل ۲ سال قبل از آغاز این مطالعه در تمرینات مقاومتی منظم شرکت نکرده بودند، به طور تصادفی انتخاب شدند. آزمودنی‌ها به طور تصادفی به دو گروه تمرین مقاومتی پیوسته ($n=7$) و دوره‌ای ($n=7$) تقسیم شدند. هر دو گروه تمرین، حرکت پرس نیمکت بدون وزنه را سه روز در هفته انجام دادند. گروه تمرین پیوسته، تمرین را به طور پیوسته در یک دوره ۲۴ هفته‌ای انجام دادند و گروه دیگر، سه دوره تمرین ۶ هفته‌ای را با دوره‌های بی‌تمرینی ۳ هفته‌ای بین دوره‌های تمرین، انجام دادند. تمرین با شدت ۷۵ درصد 1RM در سه ست با ۱۰ تکرار و ۳-۲ دقیقه استراحت بین ست‌ها انجام شد. بار اضافه هر ۳

هفته وقتی فرد قادر بود ۱۲ تکرار یا بیش تر را در ست سوم انجام دهد؛ به میزان ۵ درصد اعمال شد. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد پس از ۶ هفته اول، سطح مقطع عرضی عضلات سه سر و سینه‌ای بزرگ و کوچک و همچنین مقدار 1RM در مقایسه با پیش از تمرین بطور معناداری افزایش یافت؛ که این افزایش بین دو گروه مشابه بود. در گروه تمرین پیوسته، سطح مقطع عضله و 1RM پس از تمرین به تدریج کاهش یافت. در گروه دیگر، افزایش در سطح مقطع عضله و 1RM در طول دوره ۳ هفته ای بی‌تمرینی کاهش یافت؛ اما پس از تمرین مجدد ۶ هفته‌ای مشابه گروه پیوسته بود [۱۰۰].

۲-۳-۲- تأثیر تمرینات مقاومتی BFR بر عوامل مرتبط با قدرت و اندازه عضله

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 [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 [۲۶].

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 [۳۵].

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 دوسرانی در گروه تمرین مقاومتی BFR قابل توجه اما در گروه تمرین مقاومتی بدون BFR بسیار ناچیز بود. حجم عضله سرینی 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 [۳۱].

تاکانو و همکاران نیز در سال ۲۰۰۵ در تحقیقی تأثیر تمرین مقاومتی کم شدت BFR یک جلسه‌ای را بر پاسخ‌های همودینامیکی و 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 اندازه‌گیری 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 [۵۲].

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. از اینرو محققان اظهار داشتند که ماهیت انقباض و شدت تمرین در تمرینات BFR مهم‌ترین محرک برای هایپرتروفی عضله و ایجاد پاسخ هایپرتروفیک بشمار می‌روند [۹۰].

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 IRM حرکات پرس پا و جلو پا پس از ۳ هفته تمرین، فقط در گروه پیاده‌روی BFR معنادار بود. محققان تغییری در سطوح سرمی هورمون‌های GH، IGF-1، تستوسترون تام، تستوسترون آزاد 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 [۱۰۱].

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. سطوح سرمی تستوسترون آزاد و کورتیزول در هیچ کدام از گروه‌ها پس از تمرین تغییر نکرد [۱۰۲].

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 1RM (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 تستوسترون و 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 [۳۶].

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 ($n=8$) و گروه تمرین مقاومتی بدون BFR ($n=7$) 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 و تستوسترون تفاوت معناداری بین دو گروه تمرینی مشاهده نشد [۹۱].

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 [۱۰۳].

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 آکالین فسفات استخوان‌های بالاتنه و پا در هر دو گروه تمرین مقاومتی در مقایسه با گروه کنترل بطور معناداری افزایش یافت [۱۰۴].

اب و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر تمرین با دوچرخه با محدودیت جریان خون و شدت پایین بر حجم عضله ران و VO2max 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 VO2max و گروه تمرین بدون BFR با شدت ۴۰ درصد VO2max 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 [۱۰۵].

در همان سال 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 [۱۰۶].

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 ۷۰-۸۰ درصد IRM)، گروه تمرین مقاومتی BFR (تمرین با شدت ۲۰-۳۰ درصد IRM) 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، آزمون های 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 [۵۰].

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. [۵۸].

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) می‌پرداختند 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 (۱ روز 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 [۲۸].

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 قدرت عضلانی و 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. اندازه سطح مقطع عضله، 1RM و فشار شریانی 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. 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 [۸۸].

کیم و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر 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 1RM) 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 [۹۲].

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 1RM)، تمرینات مقاومتی - هوازی بدون BFR (n=9) با شدت ۸۰-۶۵ درصد 1RM) 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 ایروبیکی 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 [۱۰۷].

۴-۲- 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 1RM باعث افزایش بهینه قدرت عضلانی می‌شود و تمرین مقاومتی با ۶-۱۲ تکرار و با شدت ۷۰-۸۵ درصد 1RM باعث افزایش قدرت و اندازه عضله یا هایپرتروفی می‌گردد. این شدت تمرین مقاومتی، برای ایجاد تغییر در هورمون‌های مربوط به تغییر قدرت و اندازه عضله نیز ضروریست. علاوه بر آن، در برنامه تمرینی تحقیقات انجام شده، مدت ۸ هفته متوالی برای بهره‌گیری از فواید تمرینات مقاومتی با شدت بالا ضروریست.

اگرچه تمرینات مقاومتی با شدت بالا (بیشتر از ۸۰ درصد 1RM) 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 حیطه آمادگی جسمانی و توانبخشی شکل

تازه‌ای از تمرینات مقاومتی 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 مقاومتی BFR نام دارند، به‌طور 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 که تقریباً در تمام تحقیقات انجام شده، تمرین مقاومتی BFR با شدت ۲۰ تا ۳۰ درصد IRM اجرا شده است. اما مدت زمان اجرای تمرین، فشار کاف برای محدود کردن جریان خون، حرکات ورزشی در تمرینات مقاومتی و برنامه تمرینی گروه کنترل در تحقیقات مختلف متفاوت است. طول دوره تمرین، از ۸ روز تا ۱۲ هفته و فشار کاف از ۱۰۰ میلی‌متر جیوه تا ۲۶۰ میلی‌متر جیوه متغیر بودند. 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. در خصوص برنامه تمرینی گروه کنترل نیز مشاهده شد که تمرین مقاومتی هم شدت گروه تجربی اما بدون BFR، تمرین مقاومتی با شدت بالا با و بدون BFR و یا گروه بدون تمرین و بدون BFR در نظر گرفته شده است.

در بررسی متغیرهای وابسته تحقیقات مربوط به BFR، مشاهده شد که بیشتر مطالعات تأثیر این تمرینات را بر قدرت و سطح مقطع عضله و بعضاً عوامل همودینامیک مورد مطالعه قرار داده‌اند و در زمینه تأثیر این تمرینات بر عوامل 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 نشد. بعلاوه، بررسی دقیق روش‌شناسی تحقیقات انجام شده

نشان داد که تاکنون در بیشتر تحقیقات انجام شده از حرکت جلو پا و یا اکستنشن زانو برای اجرای تمرین مقاومتی استفاده شده است و حرکت اسکوات به عنوان متغیر مستقل در برنامه تمرینات گنجانده نشده است. از اینرو، در تحقیق حاضر تأثیر تمرینات مقاومتی کم شدت BFR (شامل حرکت اکستنشن زانو و اسکوات پا) بر برخی هورمون‌های آنابولیک و کاتابولیک مرتبط با قدرت و اندازه 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 روش-های 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 تحقیق از نوع پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل است، تغییرات حاصل از اجرای دو برنامه مداخله‌ای شامل ۳ هفته تمرین مقاومتی شدید بدون BFR و تمرین مقاومتی کم شدت BFR بر سطح سرمی هورمون‌های مرتبط با قدرت و اندازه توده عضلانی مورد بررسی قرار گرفت.

۳-۳- جامعه و نمونه تحقیق

جامعه آماری تحقیق حاضر را دانشجویان پسر سال سوم پیراپزشکی دانشگاه علوم پزشکی ارتش شهر تهران تشکیل می‌دهد. پس از هماهنگی با مسئولان دانشگاه و کسب مجوز حضور در خوابگاه دانشجویی، فراخوان مربوط به تحقیق بصورت اگهی کتبی در تابلوی اعلانات خوابگاه نصب گردید. شرایط حضور در تحقیق، نداشتن سابقه استعمال سیگار، فشار خون بالا و اضافه وزن، عدم مصرف دارو و یا مکمل‌های 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 [۲۸، ۸۸، ۳۱]. یک ماه پس از اعلام فراخوان، ۴۰ دانشجو که داوطلب همکاری با پژوهش حاضر شدند، 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. پس از تأیید موضوع در شورای پژوهشی دانشگاه، آزمودنی‌ها آگاهانه فرم رضایت‌نامه 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. قبل از اجرای برنامه‌های تمرینی، برای تعیین غلظت سرمی هورمون‌های کورتیزول؛ تستوسترون، GH و IGF-1، نمونه‌های خونی از آزمودنی‌ها گرفته شد. یک هفته پیش از شروع برنامه تمرینی اندازه‌های آنتروپومتریک شامل سن، قد، وزن و نمایه توده بدن (BMI) و اندازه دور ران، متغیرهای فیزیولوژیکی شامل فشارخون سیستولی و دیاستولی و یک تکرار بیشینه (1RM) اندازه‌گیری شدند. سپس آزمودنی‌ها به طور تصادفی در سه گروه تمرین مقاومتی کم شدت BFR (۱۵ نفر) با شدت ۲۰ درصد 1RM، گروه تمرین مقاومتی بدون BFR (۱۲ نفر) با شدت ۸۰ درصد 1RM و گروه کنترل بدون انجام تمرین و بدون BFR (۱۳ نفر) قرار گرفتند. به آزمودنی‌ها توصیه شد که در مدت زمان انجام تحقیق، فعالیت ورزشی دیگری به غیر از برنامه تمرینی ارائه‌شده انجام نداده و رژیم غذایی خود را تغییر ندهند. پس از ۳ هفته تمرین، کلیه اندازه‌گیری‌ها بجز قد مجدداً تکرار شد.

۳-۵- روش اندازه‌گیری 1RM

برای محاسبه 1RM، ابتدا سنگین‌ترین وزنه‌ای که فرد احساس می‌کند می‌تواند جابجا کند، انتخاب شد. سپس آزمودنی با وزنه انتخاب‌شده شروع به انجام حرکات مورد نظر کرد. اگر تنها یک بار می‌توانست حرکت را انجام دهد، آن وزنه برابر با 1RM در نظر گرفته می‌شد. اما اگر حرکت با وزنه انتخاب شده را بیشتر از یکبار انجام می‌داد، در این صورت با قرار دادن تعداد تکرار و مقدار وزنه در فرمول زیر 1RM تعیین شد [۴۵].

$$1RM = [(تعداد تکرار) / ۳۰ + ۱] \times \text{وزنه مورد استفاده}$$

۳-۶- برنامه‌های مداخله‌ای برای گروه‌های تجربی

۳-۶-۱ برنامه تمرین مقاومتی کم شدت BFR

حجم برنامه تمرین مقاومتی BFR در جدول شماره ۳-۱ گزارش شده است. برنامه تمرینی به مدت ۳ هفته، هفته‌ای ۳ جلسه و هر جلسه دو حرکت جلوپا و اسکوات پا زیر نظر مربی بدنسازی دانشگاه انجام شد. هر جلسه تمرین شامل ۱۵ دقیقه گرم کردن، اجرای حرکت جلوپا و اسکوات پا (شکل ۳-۱) با تکرارهای ۱۵-۱۵-۱۵ و شدت ۲۰ درصد 1RM و ۱۵ دقیقه سرد کردن بود. در هر جلسه، تمرینات ۳ ست با ۳۰ ثانیه استراحت بین ست‌ها و همچنین ۳۰ ثانیه استراحت بین تمرینات انجام شد. شدت تمرین در طول دوره تمرین ثابت بود. برای محدود کردن جریان خون از باندکشی پاورلیفتینگ با ۸۰ درصد خاصیت کشسانی استفاده شد. برای اطمینان از محدودیت جریان خون از آزمایش داپلر استفاده گردید. در هفته اول برنامه تمرینی، به آزمودنی‌ها تکنیک صحیح بستن باند پاورلیفتینگ به انتهای پروگزیمال ران و انجام درست حرکات با دستگاه جلو پا و اسکوات پا، گرم کردن و سرد کردن آموزش داده شد.

جدول (۳-۱). حجم برنامه تمرین مقاومتی کم شدت BFR

هفته‌ها	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	تمرینات
	ست-تکرار	ست-تکرار	ست-تکرار	
جلوپا	۳	۳	۳	۱۵
بادستگاه				
اسکوات پا	۳	۳	۳	۱۵
باهالتر				



شکل ۱-۳ حرکت جلوپا و اسکوات با محدودیت جریان خون

۳-۶-۲-برنامه تمرین مقاومتی با شدت بالا و بدون BFR

حجم برنامه تمرینات مقاومتی با شدت بالا و همچنین نوع تمرینات در جدول شماره ۳-۲ گزارش شده است. تمرین شامل حرکت جلوپا و اسکوات پا با ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه و سه ست با ۱۰ تکرار بود. بین هر ست و بین تمرین ۳۰ ثانیه استراحت در نظر گرفته شد.

جدول ۳-۲. حجم برنامه تمرین مقاومتی بدون BFR

هفته سوم	هفته دوم	هفته اول	هفته ها
ست-تکرار	ست-تکرار	ست-تکرار	تمرینات
۱۰ ۳	۱۰ ۳	۱۰ ۳	جلوپا
			بادستگاه
۱۰ ۳	۱۰ ۳	۱۰ ۳	اسکوات پا
			باهالتر

برنامه تمرین برای گروه‌های تجربی در پژوهش حاضر، با تغییرات جزئی از مطالعه اب و همکاران (۲۰۰۵)، یاسودا و همکاران (۲۰۰۱ و ۲۰۱۲)، روسو و همکاران (۲۰۰۱) گرفته شده است [۹۰، ۵۸، ۳۱، ۲۸].

۳-۷- روش محدود کردن جریان خون

برای محدود کردن جریان خون از باند کشی پاورلیفتینگ استفاده شد. و به منظور کالیبره کردن و تعیین میزان اعمال نیرو باند و محدودیت جریان خون، چند نفر از آزمودنی‌ها با حجم ران و فنوتیپ متفاوت از دستگاه سونوگرافی داپلر استفاده شد. به طوری که باند کشی با کشش‌های مختلف دور ران بسته و جریان خون شریان با دستگاه اندازه‌گیری می‌شد. میزان کشش باند طوری بود که باعث انسداد جریان خون وریدی و محدودیت شریان رانی می‌شد. 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 [۵۰] (شکل ۳-۲). برای اطمینان از سلامتی آزمودنی‌ها، فشار خون قبل و بعد از هر جلسه تمرین و همچنین ۲۴ ساعت پس از پایان تمرین توسط پزشک اندازه‌گیری شد.



شکل ۳-۲ دستگاه داپلر

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

۳-۸- وسایل و ابزار اندازه‌گیری

- ترازوی دیجیتال مارک Personal Scale ساخت کشور چین با حساسیت ۰/۱ گرم
- متر نواری
- دستگاه بدنسازی چندکاره ساخت کشور ایران
- هالتر برای حرکت اسکوات پا
- سرنگ ۵ سی‌سی و پد الکلی
- دستگاه Elisa Reader مدل HumaReader HS برای آنالیز نمونه‌های خونی (شکل ۳-۲)



شکل ۳-۳ دستگاه Elisa Reader

- کیت‌های اندازه‌گیری هورمون‌ها

✓ کیت هورمون رشد مخصوص انسان، ساخت شرکت Monobind, Inc کشور آمریکا
✓ کیت هورمون تستوسترون 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

۳-۹-روش جمع‌آوری نمونه خون و تهیه سرم

به منظور جمع‌آوری نمونه‌های خونی قبل و بعد از ۳ هفته تمرین، 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 (پس از ۳ هفته تمرین) ۲۴ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین انجام گرفت. در هر مرحله خونگیری، از هر آزمودنی ۲ سی‌سی 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.

۳-۱۰-روش جمع‌آوری اطلاعات

۳-۱۰-۱-اندازه‌های آنروپومتریکی

قد: توسط متر نواری بدون کفش و با دقت ۰/۱ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد.
شاخص توده بدنی (BMI): BMI از تقسیم وزن (کیلوگرم) بر مجذور قد (متر) محاسبه گردید.
دور ران: دور ران توسط متر نواری از قسمت وسط ران اندازه‌گیری شد.

۳-۱۰-۲-متغیر فیزیولوژیکی

فشارخون: توسط فشارسنج دیجیتال مارک accumed مدل CG175f (ساخت کشور آمریکا) اندازه-گیری شد.

۳-۱۰-۳-تجزیه و تحلیل بیوشیمیایی خون

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

۳-۱۰-۳-۱-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 بی‌خطر نسبت به ایمنوفلورسانس (IF) و رادیوایمونواسی (RIA) می‌باشد، زیرا آلودگی پرسنلی و محیطی به مواد رادیواکتیو ندارد. البته حساسیت روش RIA بیش از الایزا می‌باشد و هنوز روش RIA در بررسی‌های آندوکرینولوژی کاربرد دارد. با این حال با روش الایزا می‌توان آنتی‌ژن یا آنتی‌بادی را در حد نانوگرم و پیکوگرم ردیابی نمود. این آزمایش جهت بررسی آنتی‌ژن‌ها و آنتی‌بادی‌های مختلف به صورت کیفی، نیمه کمی و کمی کاربرد دارد. چنانچه اندازه‌گیری آنتی‌بادی مورد نظر باشد آنتی‌ژن معلوم را به فازی جامد که معمولاً پلی‌استیرین^۳ است متصل می‌کنند. در صورتیکه بخواهند آنتی‌ژن را در نمونه‌ای بررسی کنند آنتی‌بادی‌های معلوم را به فاز جامد متصل می‌کنند. پلی‌استیرین خاصیت جذب خوبی برای پروتئین‌ها دارد لذا آنتی‌ژن یا آنتی‌بادی بصورت غیر اختصاصی می‌تواند به پلی‌استیرین متصل گردد. پلی‌استیرین را بصورت پلیت‌های حاوی چاهک‌های^۴ کوچکی تهیه می‌کنند. معمولاً هشت چاهک در یک ردیف^۱ به هم متصل هستند.

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

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^۱ خوانده می شود.

روش کار :

مرحله اول که اصطلاحاً Coating نام دارد و در کارخانه سازنده انجام می شود، متصل کردن آنتی ژن یا آنتی بادی معلوم به دیواره‌ها و کف چاهکها می باشد. برای این منظور غلظت خاصی از آنتی بادی یا آنتی ژن را در PBS^۲ یا بافر دیگری حل می کنند و هر کدام از چاهکها را با آن پر نموده، حدوداً به مدت ۲۰ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی گراد قرار می دهند. روز بعد کلیه چاهکها را خالی می کنند. اکنون آنتی ژن یا آنتی بادی به کف و دیواره چاهک ها متصل شده اما تمامی سطح کاملاً پوشیده نشده است. لذا از BSA^۳ یا محلول های پروتئینی خاص دیگر استفاده می شود تا نقاط خالی کاملاً پوشیده شوند، این مرحله را Blocking می گویند که برای جلوگیری از اتصال غیر اختصاصی پروتئین ها در مراحل دیگر است. بعد از چند ساعت، چاهک ها را خالی کرده، شستشو می دهند. معمولاً ۱۲ Strip را به صورت جدا یا متصل به هم در قابی به نام پلیت^۴ یعنی جمعاً ۹۶ خانه جهت انجام تست به همراه کلیه مواد یا محلول های مورد نیاز تحت عنوان یک کیت به بازار عرضه می کنند. به همراه هر کیت، نمونه کنترل مثبت و منفی نیز موجود است که جهت کنترل کار و کیت می باشد. نمونه کنترل مثبت مثل سرم فرد مبتلا است، یعنی Ab Toxo در آن وجود دارد و چاهک مربوطه در انتهای واکنش رنگی می شود. نمونه کنترل منفی مثل سرم فرد سالم، فاقد Ab Toxo است و در انتهای آزمایش بی رنگ باقی می ماند.

1-Wells

2-ELISA Reader

3-Phosphate Buffer Saline

4-Bovine Serum Albumen

۳-۱۱-روش آماری

تمام اطلاعات در این تحقیق بر اساس میانگین \pm انحراف استاندارد بیان شده است. برای توصیف اطلاعات جمع آوری 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-اسمیرنف استفاده شد. برای مقایسه میانگین متغیرها در 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 ۱۸ استفاده شد.

فصل چهارم

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 آزمون تحلیل واریانس یک طرفه برای آزمون فرضیه‌ها و از آزمون تعقیبی توکی برای تعیین تفاوت‌ها استفاده شد. سطح معناداری در کلیه آزمون‌ها $p \leq 0/05$ در نظر گرفته شد.

جدول (۴-۱) نتایج آزمون کلموگراف-اسمیرنف برای متغیرهای آنترپومتریکی، فیزیولوژیک و متغیرهای هورمونی

گروه کنترل		گروه بدون BFR		گروه BFR		گروهها متغیرها
P	Z	P	Z	P	Z	
۰/۷۱	۰/۷۰	۰/۹۳	۰/۵۴	۰/۹۹	۰/۴۱	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)
۰/۸۵	۰/۶۰	۰/۵۳	۰/۸۰	۰/۹۶	۰/۵۰	1RM جلوپا (kg)
۰/۷۸	۰/۶۵	۰/۹۹	۰/۴۲	۰/۹۸	۰/۴۴	1RM اسکوات (kg)
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	۰/۸۸	۰/۵۸	۰/۷۱	۰/۶۹	GH (uIU/mL)
۰/۸۷	۰/۵۹	۰/۵۱	۰/۸۲	۰/۵۶	۰/۷۸	کورتیزول (μg/dl)
۰/۸۵	۰/۶۰	۰/۹۶	۰/۵۰	۰/۸۶	۰/۵۹	تستوسترون (μg/ml)
۰/۸۸	۰/۵۸	۰/۸۴	۰/۶۱	۰/۹۹	۰/۳۷	IGF-1 (ng/ml)

۳-۴- بررسی همگنی واریانس ها بر اساس آزمون لئون

گروه‌ها باید از جامعه ای گرفته شده باشند که دارای واریانس های مساوی یا تقریباً مساوی در نمرات متغیر وابسته باشند. به منظور کنترل و بررسی این مفروضه از آزمون لئون استفاده شده است. نتایج آزمون در جدول ۲-۴ نشان داده شده است.

جدول (۲-۴) نتایج آزمون همگنی واریانس ها (آزمون لئون)

متغیر	مقدار آزمون لئون	درجه آزادی ۱	درجه آزادی ۲	Sig	زمان
GH	۲/۷۸	۲	۲۸	۰/۱۰	زمان
کورتیزول	۰/۰۳	۲	۲۸	۰/۹۶	
تستوسترون	۱/۱۳	۲	۲۸	۰/۳۳	
IGF-1	۲/۳۰	۲	۲۸	۰/۱۱	پیش آزمون
دور ران	۰/۱۷	۲	۲۸	۰/۸۴	
1RM زانو	۳/۴۱	۲	۲۸	۰/۰۸	
1RM اسکوات	۲/۳۵	۲	۲۸	۰/۱۱	
همودینامیک	۱/۴۲	۲	۲۸	۰/۲۵	
GH	۱/۱۳	۲	۲۸	۰/۳۳	پس آزمون
کورتیزول	۲/۱۵	۲	۲۸	۰/۱۳	
تستوسترون	۱/۲۵	۲	۲۸	۰/۳۰	
IGF-1	۱/۶۱	۲	۲۸	۰/۲۱	
دور ران	۰/۶۶	۲	۲۸	۰/۵۲	
1RM زانو	۳/۰۳	۲	۲۸	۰/۰۶	
1RM اسکوات	۱/۲۳	۲	۲۸	۰/۳۰	
همودینامیک	۰/۱۱	۲	۲۸	۰/۸۹	

همان گونه که در جدول ۲-۴ مشاهده می گردد، چون سطح معنی داری تمامی متغیرها در هر دو زمان قبل از مداخله (پیش آزمون) و بعد از مداخله (پس آزمون) بیشتر از سطح آلفا یعنی بیشتر از

۰/۰۵ است، پس شرط تجانس بین واریانس ها برقرار می باشد و این امکان را به محقق می دهد که از آزمون پارامتریک استفاده نماید ($P > 0/05$).

۴-۴- 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. ۴ نفر از گروه BFR و ۵ نفر از گروه قدرتی به دلیل درد عضلانی شدید و یا آسیب دیدگی از ادامه همکاری انصراف دادند.

۴-۴-۱- ویژگی‌های فردی

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

جدول (۳-۴) 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 (۳-۴) میانگین سن آزمودنی‌ها در گروه BFR ۲۱/۱۸ سال، در گروه مقاومتی بدون BFR ۲۰/۷۱ سال و در گروه کنترل ۲۱/۸۵ سال می باشد.

۴-۱-۲-۴-آماره توصیفی متغیرهای آنترپومتریکی و فیزیولوژیک آزمودنی‌ها در گروه‌های مختلف

جدول (۴-۴) میانگین و انحراف استاندارد مقادیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیرهای آنترپومتریکی و فیزیولوژیک گروه

های مختلف

متغیرها	گروه تمرین BFR (n=۱۱)		گروه تمرین بدون BFR (n=۷)		گروه کنترل (n=۱۲)
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پس‌آزمون
وزن بدن (kg)	۷۵/۹۰±۶/۵۹	۷۵/۶۳±۶/۵۴	۷۱/۱۴±۵/۴۵	۷۲/۴۲±۵/۶۲	۷۳/۵۳±۱۲/۳۶
دور ران (cm)	۵۷/۰۹±۲/۷۳	۵۴/۵۵±۲/۹۷	۵۴/۷۱±۳/۶۸	۵۵/۲۱±۳/۹۳	۵۳/۵۴±۳/۶۸
1RM اسکوات (kg)	۸۴/۳۳±۸/۹۷	۷۲/۵۲±۵/۸۲	۶۵/۱۲±۱۰/۸۲	۷۱/۵۲±۱۰/۹۰	۶۸/۸۵±۱۰/۴۶
1RM جلو پا (kg)	۳۵/۹۰±۲/۴۶	۲۹/۰۰±۲/۵۶	۲۸/۲۹±۱/۲۵	۳۱/۸۵±۱/۵۷	۲۹/۵۷±۴/۱۲
فشارخون سیستولیک (mm.Hg)	۱۲۶/۳۶±۷/۵۱	۱۲۶/۸۲±۷/۰۶	۱۲۵/۸۶±۴/۹۸	۱۱۸/۲۹±۴/۲۳	۱۲۶/۳۸±۱۰/۱۱
فشارخون دیاستولیک (mm.Hg)	۷۴/۸۲±۵/۲۶	۷۵/۹۱±۵/۵۰	۷۴/۲۹±۱۱/۰۱	۷۴/۲۹±۷/۰۶	۷۳/۲۳±۵/۳۴

۴-۱-۳-۴-آماره توصیفی متغیرهای خونی آزمودنی‌ها در گروه‌های مختلف

جدول (۴-۵) میانگین و انحراف استاندارد مقادیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیرهای خونی گروه‌های مختلف

متغیرها	گروه تمرین BFR (n=۱۱)		گروه تمرین بدون BFR (n=۷)		گروه کنترل (n=۱۲)
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پس‌آزمون
GH (uIU/ml)	۱۳/۵۴±۵/۴۰	۵/۱۵±۱/۲۴	۵/۷۱±۲/۴۵	۸/۹۹±۴/۶۴	۷/۳۶±۴/۰۲
IGF-1 (ng/ml)	۳۵۳/۲۴±۵۰/۴۶	۳۰۵/۹۶±۲۶/۹۸	۲۹۱/۷۳±۳۲/۲۹	۲۹۳/۲۹±۳۲/۵۹	۲۹۲/۴۴±۵۱/۰۱
کورتیزول (µg/dl)	۸/۰۶±۱/۶۷	۵/۱۳±۲/۰۲	۴/۵۰±۱/۵۸	۸/۸۸±۱/۳۴	۵/۴۱±۲/۹۰
تستوسترون (µg/ml)	۸/۷۶±۲/۶۶	۸/۶۴±۳/۷۵	۸/۴۳±۲/۲۸	۸/۰۱±۲/۹۰	۹/۳۵±۴/۳۴

۴-۵-مقایسه میانگین متغیرهای آنترپومتریکی و فیزیولوژیک گروه‌های مختلف در

ابتدای مطالعه

به منظور بررسی همگنی مقادیر پیش‌آزمون متغیرهای آنترپومتریکی در سه گروه از آزمون تحلیل

واریانس یک طرفه استفاده شد (جداول ۴-۴، ۴-۷، ۴-۸).

جدول (۴-۶) مقایسه مقادیر پیش آزمون اندازه دور ران بین سه گروه

مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	آزمون F	سطح معناداری
بین گروه	۵/۴۷	۲/۷۳	۰/۲۳	۰/۷۹
درون گروه	۳۳۲/۴۶	۱۱/۸۷		
کل	۳۳۷/۹۳			

بر اساس اطلاعات جدول ۴-۶، بین اندازه دور ران در پیش آزمون تفاوت معنی‌داری مشاهده نشده است ($P > 0.05$).

جدول (۴-۷) مقایسه مقادیر پیش آزمون IRM اسکوات بین سه گروه

مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	آزمون F	سطح معناداری
بین گروه	۱۵۲/۶۶	۷۶/۳۳	۰/۷۲۱	۰/۴۹
درون گروه	۲۹۶۰/۷۵	۱۰۵/۷۴		
کل	۳۱۱۳/۴۱			

بر اساس اطلاعات جدول ۴-۷، بین IRM اسکوات در پیش آزمون تفاوت معنی‌داری مشاهده نشده است ($P > 0.05$).

جدول (۴-۸) مقایسه مقادیر پیش آزمون IRM جلو پا بین سه گروه

مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	آزمون F	سطح معناداری
بین گروه	۷/۹۸	۳/۹۹	۰/۴۳۱	۰/۵۶
درون گروه	۲۵۹/۱۲	۹/۲۵		
کل	۲۶۷/۱۰			

بر اساس اطلاعات جدول ۴-۸، بین 1RM جلو پا در پیش آزمون تفاوت معنی‌داری مشاهده نشده است ($P > 0.05$).

۴-۶- 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 یک طرفه استفاده شد (جدول ۴-۹، ۴-۱۰، ۴-۱۱، ۴-۱۲).

جدول (۴-۹) مقایسه مقادیر پیش آزمون سطح سرمی کورتیزول بین سه گروه

مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	آزمون F	سطح معناداری
بین گروه	۲	۰/۳۱	۰/۱۵	۰/۸۵
درون گروه	۲۷	۱/۹۸		
کل	۲۹			

بر اساس اطلاعات جدول ۴-۹، بین سطح سرمی کورتیزول در پیش آزمون تفاوت معنی‌داری مشاهده نشده است ($P > 0.05$).

جدول (۴-۱۰) مقایسه مقادیر پیش آزمون سطح سرمی GH بین سه گروه

مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	آزمون F	سطح معناداری
بین گروه	۲	۹/۵۹	۱/۳۵	۰/۲۷
درون گروه	۲۷	۷/۰۶		
کل	۲۹			

بر اساس اطلاعات جدول ۴-۱۰، بین سطح سرمی GH در پیش آزمون تفاوت معنی‌داری مشاهده نشده است ($P > 0.05$).

جدول (۴-۱۱) مقایسه مقادیر پیش آزمون سطح سرمی تستوسترون بین سه گروه

مجموع	درجه	میانگین	آزمون	سطح
مجذورات	آزادی	مجذورات	F	معناداری
۰/۱۹	۲	۰/۰۹	۰/۰۰۹	۰/۹۹
۳۰۰/۱۳	۲۷	۱۱/۱۱		
۳۰۰/۳۳	۲۹			
کل				

بر اساس اطلاعات جدول ۴-۱۱، بین سطح سرمی تستوسترون در پیش آزمون تفاوت معنی‌داری مشاهده نشده است ($P > 0.05$).

جدول (۴-۱۲) مقایسه مقادیر پیش آزمون سطح سرمی IGF-1 بین سه گروه

مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	آزمون F	سطح معناداری
۳۸۴/۰۸	۲	۱۹۲/۰۴	۰/۱۱	۰/۸۹
۴۶۸۲۴/۵۴	۲۹	۱۶۷۲/۳۰		
۴۷۲۰۸/۶۳	۳۰			
کل				

بر اساس اطلاعات جدول ۴-۱۲، بین سطح سرمی IGF-1 در پیش آزمون تفاوت معنی‌داری مشاهده نشده است ($P > 0.05$).

۴-۷-آزمون فرضیه‌های تحقیق

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

۴-۷-۱-فرضیه اول

فرض صفر (H_0): بر اساس فرض صفر، بین سطح سرمی کورتیزول در گروه‌های مختلف پس از تمرین تفاوت معناداری وجود ندارد.

جدول (۴-۱۳) مقایسه میانگین سطح سرمی کورتیزول بین سه گروه در پایان تمرین

مجموع مجذورات درجه آزادی میانگین مجذورات آزمون F سطح معناداری					
بین گروه	۶۵/۵۵	۲	۳۲/۷۷	۶/۷۴	۰/۰۰۴
درون گروه	۱۳۱/۳۳	۲۷	۴/۸۶		
کل	۱۹۶/۸۸	۲۹			

نتیجه آزمون: بر اساس نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه، تفاوت معنی‌داری بین میانگین سطح سرمی کورتیزول گروه‌ها در پایان مطالعه وجود دارد ($P=۰/۰۰۴$). 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
گروه BFR	گروه کنترل	۲/۶۶*	۰/۰۲
	گروه بدون BFR	-۰/۷۷	۰/۷۵
کورتیزول	گروه بدون BFR	۳/۴۳*	۰/۰۰۸
	گروه BFR	۰/۷۷	۰/۷۵
کنترل	گروه بدون BFR	-۳/۴۳*	۰/۰۰۸
	گروه BFR	-۲/۶۶*	۰/۰۲

نتایج حاصل از آزمون تعقیبی توکی نشان داد پس از ۳ هفته تمرین، بین سطح سرمی کورتیزول گروه کنترل با گروه تمرین BFR ($P=0/02$) و گروه تمرین بدون BFR ($P=0/008$) اختلاف معناداری مشاهده شد. این در حالیست که تفاوت بین سطح سرمی کورتیزول تمرین بدون BFR و گروه تمرین BFR به لحاظ آماری معنادار نبود ($P=0/75$). (جدول ۴-۱۴). بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد ۳ هفته تمرین مقاومتی با و بدون BFR تأثیر معناداری بر سطح سرمی کورتیزول دارد. سطح معناداری $P \leq 0/05$ در نظر گرفته شده است.

۴-۷-۲-فرضیه دوم

فرض صفر (H_0): بر اساس فرض صفر، بین سطح سرمی هورمون GH در گروه‌های مختلف تفاوت معناداری وجود ندارد.

نتیجه آزمون: نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه نشان داد پس از ۳ هفته، بین سطح سرمی GH گروه‌های مورد مطالعه اختلاف معناداری مشاهده شد ($P=0/006$)؛ لذا فرض صفر رد می‌شود (جدول ۴-۱۵).

جدول (۴-۱۵) مقایسه میانگین سطح سرمی GH بین سه گروه در پایان تمرین

مجموع مجذورات درجه آزادی میانگین مجذورات آزمون F سطح معناداری					
بین گروه	۹۱/۵۶	۲	۴۵/۷۸	۶/۱۴	۰/۰۰۶
درون گروه	۲۰۱/۳۱	۲۷	۷/۴۵		
کل	۲۹۲/۸۸	۲۹			

نتایج حاصل از آزمون تعقیبی توکی نشان داد پس از ۳ هفته تمرین، بین سطح سرمی GH گروه تمرین BFR با گروه تمرین مقاومتی بدون BFR ($P= ۰/۰۲$) و گروه کنترل ($P= ۰/۰۱$) اختلاف معناداری مشاهده شد. این در حالیست که تفاوت بین سطح سرمی GH گروه تمرین مقاومتی بدون BFR و کنترل به لحاظ آماری معنادار نبود ($P= ۰/۹۷$). (جدول ۴-۱۵). بنابراین می توان نتیجه گیری کرد ۳ هفته تمرین مقاومتی BFR تأثیر معناداری بر سطح سرمی GH دارد. سطح معناداری $P \leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شده است.

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

متغیر	گروه ها	میانگین تفاوت ها	Sig
GH	BFR گروه	گروه کنترل	۳/۵۲*
	BFR بدون BFR	گروه بدون BFR	۳/۷۸*
		گروه کنترل	-۰/۲۵
	BFR بدون کنترل	گروه BFR	-۳/۷۸*
		گروه بدون BFR	۰/۲۵
	BFR گروه		-۳/۵۲*

* $P < ۰/۰۵$

۴-۷-۳-فرضیه سوم

فرض صفر (H_0): بر اساس فرض صفر، بین سطح سرمی هورمون تستوسترون در گروه های مختلف تفاوت معناداری وجود ندارد.

جدول (۴-۱۷) مقایسه میانگین سطح سرمی تستوسترون بین سه گروه در پایان تمرین

مجموع مجزورات	درجه آزادی	میانگین مجزورات	آزمون F	سطح معناداری
بین گروه	۲	۲۶/۸۵	۱/۹۴	۰/۱۶
درون گروه	۲۷	۱۳/۸۱		
کل	۲۹	۴۲۶/۶۱		

نتیجه آزمون: بر اساس نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه، تفاوت معنی‌داری بین میانگین سطح سرمی تستوسترون گروه‌ها در پایان مطالعه وجود ندارد ($P=0/16$). لذا فرض صفر تأیید می‌شود. سطح معناداری $P \leq 0/05$ در نظر گرفته شده است (جدول ۴-۱۷).

۴-۷-۴- فرضیه چهارم

فرض صفر (H_0): بر اساس فرض صفر، بین سطح سرمی هورمون IGF-1 در گروه‌های مختلف تفاوت معناداری وجود ندارد.

جدول (۴-۱۸) مقایسه میانگین سطح سرمی IGF-1 بین سه گروه در پایان تمرین

میانگین تغییرات	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	آزمون F	سطح معناداری
بین گروه	۲۵۹۷۸/۳۵	۲	۱۲۹۸۹/۱۷	۵/۷۶	۰/۰۰۸
درون گروه	۶۳۰۶۶/۸۸	۲۹	۲۲۵۲/۳۸		
کل	۸۹۰۴۵/۲۳	۳۰			

نتیجه آزمون: نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه نشان داد پس از ۳ هفته، بین سطح سرمی IGF-1 گروه‌های مورد مطالعه اختلاف معناداری مشاهده شد ($P=0/008$)؛ لذا فرض صفر رد می‌شود (جدول ۴-۱۸).

جدول (۴-۱۹) نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه تفاوت بین میانگین‌های بین دو گروه

متغیر	گروه	میانگین تفاوت‌ها	سطح معناداری
IGF-1	BFR	گروه کنترل	۰/۰۱
	BFR بدون BFR	گروه بدون BFR	۵۹/۹۵*
		گروه کنترل	۰/۸۴
	BFR	گروه BFR	-۵۹/۹۵*
		گروه بدون BFR	-۰/۸۴
	کنترل	گروه BFR	۰/۰۱

* $P < 0/05$

نتایج حاصل از آزمون تعقیبی توکی نشان داد پس از ۳ هفته تمرین، بین سطح سرمی IGF-1 گروه تمرین BFR با گروه تمرین مقاومتی بدون BFR ($P=0/03$) و گروه کنترل ($P=0/01$) اختلاف

معناداری مشاهده شد. این در حالیست که تفاوت بین سطح سرمی IGF-1 گروه تمرین مقاومتی بدون BFR و کنترل به لحاظ آماری معنادار نبود ($P=0/99$). (جدول ۴-۱۹). بنابراین می توان نتیجه گیری کرد ۳ هفته تمرین مقاومتی BFR تأثیر معناداری بر سطح سرمی IGF-1 دارد. سطح معناداری $P \leq 0/05$ در نظر گرفته شده است.

۴-۷-۵-فرضیه پنجم

فرض صفر (H_0): بر اساس فرض صفر، بین اندازه دور ران در گروه های مختلف تفاوت معناداری وجود ندارد. جدول (۴-۲۰) مقایسه میانگین اندازه دور ران بین سه گروه در پایان تمرین

میانگین تغییرات	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	آزمون F	سطح معناداری
بین گروه	۷۵/۲۰	۲	۳۷/۶۰	۳/۱۸	۰/۰۵
درون گروه	۳۳۱/۰۶	۲۹	۱۱/۸۲		
کل	۴۰۶/۲۷	۳۰			

نتیجه آزمون:

نتایج حاصل از آزمون تعقیبی توکی نشان داد پس از ۳ هفته تمرین، بین اندازه دور ران گروه تمرین BFR با گروه کنترل ($P=0/04$) اختلاف معناداری مشاهده شد. این در حالیست که تفاوت بین اندازه دور ران گروه تمرین مقاومتی بدون BFR با کنترل ($P=0/99$) و گروه BFR ($P=0/99$) به لحاظ آماری معنادار نبود. (جدول ۴-۲۰).

بنابراین می توان نتیجه گیری کرد ۳ هفته تمرین مقاومتی با و بدون BFR تأثیر معناداری بر اندازه دور ران دارد. سطح معناداری $P \leq 0/05$ در نظر گرفته شده است.

جدول (۴-۲۱) نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه تفاوت بین میانگین‌های بین دو گروه

متغیر	گروه	میانگین تفاوت‌ها	سطح معناداری
BFR	گروه کنترل	۳/۵۵*	۰/۰۴
	گروه بدون BFR	۱/۸۷	۰/۵۰
BFR بدون گروه	گروه کنترل	۱/۶۷	۰/۵۵
	گروه BFR	-۱/۸۷	۰/۵۰
کنترل	گروه بدون BFR	-۱/۶۷	۰/۵۵
	گروه BFR	-۳/۵۵*	۰/۰۴

* $P < 0.05$

۴-۷-۶-فرضیه ششم

فرض صفر (H_0): بر اساس فرض صفر، بین 1RM اسکوات در گروه‌های مختلف تفاوت معناداری وجود

ندارد.

جدول (۴-۲۲) مقایسه میانگین 1RM اسکوات بین سه گروه در پایان تمرین

مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	آزمون F	سطح معناداری
بین گروه	۲	۳۶۶/۸۷	۳/۳۵	۰/۰۴
درون گروه	۲۸	۱۰۹/۳۶		
کل	۳۰	۳۷۹۵/۹۰		

نتیجه آزمون: نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه نشان داد پس از ۳ هفته، بین 1RM اسکوات

گروه‌های مورد مطالعه اختلاف معناداری مشاهده شد ($P=0.04$)؛ 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	سطح معناداری
قدرت عضلانی	BFR	۱۰/۸۵*	۰/۰۴
	گروه کنترل		
گروه بدون BFR	BFR	۸/۲۹	۰/۲۵
	گروه کنترل	۲/۵۶	۰/۸۶
کنترل	BFR	-۸/۲۹	۰/۲۵
	گروه بدون BFR	-۲/۵۶	۰/۸۶
	BFR	-۱۰/۸۵*	۰/۰۴
	گروه BFR		

* $P < 0.05$

نتایج حاصل از آزمون تعقیبی توکی نشان داد پس از ۳ هفته تمرین، بین 1RM اسکوات گروه تمرین BFR با گروه کنترل ($P = 0.04$) اختلاف معناداری مشاهده شد. این در حالیست که تفاوت بین 1RM اسکوات گروه تمرین مقاومتی بدون BFR با گروه BFR ($P = 0.25$) و کنترل ($P = 0.86$) به لحاظ آماری معنادار نبود. (جدول ۴-۲۳).

بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد ۳ هفته تمرین مقاومتی BFR تأثیر معناداری بر 1RM اسکوات دارد. سطح معناداری $P \leq 0.05$ در نظر گرفته شده است.

۴-۷-۶-فرضیه ششم

فرض صفر (H_0): بر اساس فرض صفر، بین 1RM جلو پا در گروه‌های مختلف تفاوت معناداری وجود ندارد.

جدول (۴-۲۴) مقایسه میانگین 1RM جلو پا بین سه گروه در پایان تمرین

مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	آزمون F	سطح معناداری
۷۵/۴۴	۲	۳۷/۷۲	۳/۸۹	۰/۰۳
۲۷۱/۶۵	۲۸	۹/۷۰		
۳۴۷/۰۹	۳۰			
کل				

نتیجه آزمون: نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه نشان داد پس از ۳ هفته، بین 1RM جلو پا گروه‌های مورد مطالعه اختلاف معناداری مشاهده شد ($P=0/03$)؛ لذا فرض صفر رد می‌شود (جدول ۴-۲۴).

جدول (۴-۲۵) نتایج آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه تفاوت بین میانگین‌های دو گروه

متغیر	گروه	میانگین تفاوت‌ها	سطح معناداری
1RM جلو پا	BFR	۳/۵۳*	۰/۰۲۶
	گروه بدون BFR	۱/۴۵	۰/۶
گروه بدون BFR	گروه کنترل	۲/۰۸	۰/۳۴
	گروه BFR	-۱/۴۵	۰/۶
کنترل	گروه بدون BFR	-۲/۰۸	۰/۳۴
	گروه BFR	-۳/۵۳*	۰/۰۲۶

* $P < 0/05$

نتایج حاصل از آزمون تعقیبی توکی نشان داد پس از ۳ هفته تمرین، بین 1RM جلو پا گروه تمرین BFR با گروه کنترل ($P=0/02$) اختلاف معناداری مشاهده شد. این در حالیست که تفاوت بین 1RM جلو پا گروه تمرین مقاومتی بدون BFR با گروه BFR ($P=0/6$) و کنترل ($P=0/34$) به لحاظ آماری معنادار نبود. (جدول ۴-۲۵).

بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد ۳ هفته تمرین مقاومتی BFR تأثیر معناداری بر 1RM جلو پا دارد. سطح معناداری $P \leq 0/05$ در نظر گرفته شده است.

فصل پنجم

بحث و نتیجه‌گیری

۱-۵ - مقدمه

در این فصل ابتدا گزارشی از خلاصه تحقیق که در چهار فصل گذشته به تفصیل به آن پرداخته شده است، 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.

۲-۵ - 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 [۳۱]. شدت ۷۰-۸۰ درصد 1RM تمرین مقاومتی که شدتی مناسب برای افزایش قدرت و اندازه عضله گزارش شده است، برای ایجاد تغییر در هورمون‌های مربوط به افزایش قدرت و اندازه عضله نیز ضروریست [۸]. علیرغم توصیه‌های فراوان برای انجام تمرینات مقاومتی با شدت بالا (بیشتر از ۸۰ درصد 1RM) برای پیشگیری از کاهش توده عضلانی در برنامه‌های مربوط به کاهش وزن مرتبط با سلامتی، این تمرینات با عوارض و آسیب‌های متعددی همراه است [۴]. 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 شده است 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 سازگاری‌های ایجاد شده در اثر تمرینات مقاومتی با شدت بالا برابری می‌کند [۲۶، ۲۷]. از اینرو، هدف از انجام این تحقیق بررسی اثر تمرینات مقاومتی با جریان خون محدود شده بر سطح سرمی هورمون‌های مرتبط با قدرت و اندازه توده عضلانی است. 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 1RM، ۳ ست ۱۵ تکرار)، تمرین مقاومتی شدید بدون BFR (سه ست ۱۰ تکرار با شدت ۸۰ درصد 1RM) و کنترل قرار گرفتند. هر دو گروه تمرینی هفته ای سه روز تمرینات اسکوات و جلو پا را بمدت سه هفته انجام دادند. سطح سرمی کورتیزول، تستسترون، GH و IGF-1 قبل و بعد از تمرین صبح و در حالت ناشتا اندازه گیری شد. برای مقایسه تفاوت میانگین متغیرها از آزمون آماری ANOVA استفاده شد. سطح معنی داری آماری ۰/۰۵ p تعیین شد. تحلیل داده ها نشان داد تمرین مقاومتی BFR باعث افزایش معنی دار سطح سرمی کورتیزول، GH و IGF-1 در مقایسه با مقادیر پیش از تمرین شد (<math>p<0/05</math>). در گروه تمرین مقاومتی بدون BFR افزایش در سطح سرمی کورتیزول و GH (<math>p<0/05</math>) در مقایسه با مقادیر پیش از تمرین معنادار بود. بین سطوح سرمی GH و IGF-1 گروه تمرین BFR با گروه تمرین مقاومتی بدون BFR و گروه کنترل اختلاف معناداری مشاهده شد (<math>p<0/05</math>). این در حالیست که، بین سطح سرمی کورتیزول گروه تمرین BFR و گروه تمرین مقاومتی بدون BFR با گروه کنترل اختلاف معناداری مشاهده شد (<math>p<0/05</math>) و تفاوت بین گروه تمرین BFR با گروه تمرین مقاومتی بدون BFR معنادار نبود ($p>0/05$).

۵-۳- بحث و نتیجه گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مقدار 1RM عضلات چهار سر ران (در حرکات جلوپا و اسکوات) در مردان جوان بعد از ۳ هفته تمرین مقاومتی کم شدت BFR (با شدت ۲۰ درصد 1RM) در مقایسه با گروه کنترل و تمرین مقاومتی بدون BFR بطور معناداری افزایش یافت. این در حالیست که تفاوت بین قدرت عضلانی گروه تمرین مقاومتی بدون BFR و کنترل به لحاظ آماری معنادار نبود. این یافته با نتایج تحقیقات برگومستر^۱ و همکاران (۲۰۰۳)، تاکارادا و همکاران (۲۰۰۰، ۲۰۰۲، ۲۰۰۴) و اب و همکاران (۲۰۰۶) همخوانی دارد [۱۰۱، ۳۹، ۳۵، ۲۷، ۲۶]. طول دوره تمرین در این تحقیقات بین ۲ تا

۱۶ هفته متفاوت بود. تاکارادا و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که 1RM اکستنسورهای زانو بعد از ۸ هفته تمرین مقاومتی کم شدت BFR حدود ۵۰ درصد افزایش یافت [۲۶]. در همین راستا، یاسودا و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند دو هفته تمرین مقاومتی کم شدت BFR، هفته‌ای دو روز میزان قدرت عضله را حدود ۱۴ درصد افزایش داد [۱۰۹]. مکانیسم دقیق درگیر در سازگاری قدرت عضلانی پس از تمرین مقاومتی 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 تند انقباض در تمرین مقاومتی کم شدت BFR قویترین مکانیسم احتمالی شناخته شده است [۳۳، ۲۷].

در زمینه سازگاری‌های عصبی پس از تمرین مقاومتی کم شدت BFR، تحقیقات محدودی وجود دارد. یکی از سازگاری‌های عصبی به تمرینات مقاومتی سنگین، افزایش سطح فعالیت ارادی عضله است. این در حالیست که مور^۱ و همکاران (۲۰۰۴) و کوبو^۲ و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که این سازگاری‌های عصبی پس از تمرین مقاومتی کم شدت BFR در افراد جوان اتفاق نمی‌افتد. محققان در این پژوهش‌ها به این نتیجه رسیدند که به دلیل بالا بودن سطح فعالیت از ابتدای تمرین، تغییر بیشتر امکان‌پذیر نبود [۱۱۰، ۳۸]. کوبو و همکاران (۲۰۰۶) در مقایسه تمرین مقاومتی کم شدت BFR با تمرین مقاومتی سنگین دریافتند که با وجود بالا بودن سطح فعالیت اولیه، فعالیت مقاومتی سنگین سطح فعالیت ارادی را افزایش داد؛ در حالیکه تغییری در سطح فعالیت ارادی پس از تمرین مقاومتی کم شدت BFR در مردان جوان مشاهده نشد [۳۸]. از اینرو، به نظر می‌رسد که سطح فعالیت ارادی، دلیل اصلی افزایش قدرت در پژوهش حاضر نیست.

1- Moore
2- Kubo

افزایش کم و غیر معنادار در اندازه دور ران، بیانگر افزایش در هایپرتروفی عضلانی پس از تمرین مقاومتی کم شدت BFR است. یکی از محدودیت‌های تحقیق حاضر، عدم اندازه‌گیری دقیق هایپرتروفی عضلانی است. 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 [۵۱]. 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 [۱۰۹،۳۱].

شواهد رو به رشد نشان می‌دهد که هایپرتروفی عضلانی بعد از تمرین مقاومتی کم شدت BFR اتفاق می‌افتد [۳۱،۲۷،۲۶، ۵۰،۱۰۹]. 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. تمرین مقاومتی حاد با شدت بالا باعث افزایش سنتز پروتئین‌های عضله در چند ساعت اولیه پس از تمرین می‌شود و ۴۸ ساعت بعد از آن در همان سطح باقی می‌ماند [۱۱۱،۱۱۲]. کمپلکس هدف پستانداری راپامایسن^۲ (mTORC1) نقش مهمی در تحریک سنتز پروتئین‌های عضله پس از تمرین مقاومتی سنگین دارد (۴۶) و فعال شدن آبخاری کیناز اریبوزومی 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

1- Magnetic Resonance Imaging

2- Mammalian Target Of Rapamycin Complex 1

3- Ribosomal S6 kinase 1

از طریق این مسیر در افراد جوان [۳۷] و ۵۶ درصدی در افراد سالمند [۳۴] می‌شود. تحریک این مسیر از طریق افزایش فسفوریلاسیون S6K1 که در پاسخ به تمرین مقاومتی اتفاق می‌افتد، با درصد تغییرات توده عضلانی ارتباط دارد [۱۱۳]. برخی از تحقیقات، کاهش پاسخ سنتز پروتئین‌های عضله را به تمرین مقاومتی حاد گزارش کرده‌اند [۱۱۴]؛ در حالیکه از نظر زمانی نتایج برخی از تحقیقات بیانگر تأخیر در پاسخ [۱۱۰] و برخی دیگر عدم تأخیر در پاسخ [۳۴] سنتز پروتئین‌های عضله به تمرین مقاومتی حاد است. فوجیتا و همکاران (۲۰۰۷) و فرای^۱ و همکاران (۲۰۱۰) افزایش معنادار GH را همزمان با افزایش سنتز پروتئین‌های عضله، پس از تمرین مقاومتی کم شدت BFR گزارش کردند. اما نقش آن در پیامدهی مسیر mTOR هنوز شناخته نشده است [۳۷، ۳۴].

تمرین مقاومتی کم شدت BFR باعث افزایش پاسخ غدد درون ریز به تمرین می‌شود [۱۱۴]. براساس نتایج تحقیق حاضر، بین سطح سرمی GH گروه تمرین مقاومتی کم شدت BFR با گروه تمرین مقاومتی بدون BFR و گروه کنترل پس از ۳ هفته تمرین، اختلاف معناداری مشاهده شد. این در حالیست که تفاوت بین سطح سرمی GH گروه تمرین مقاومتی بدون BFR و 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 سه هفته تمرین، بیشتر از گروهی بود که تمرین مقاومتی با شدت بالا و بدون محدودیت جریان خون انجام دادند. ترشح GH متعاقب ورزش، به عواملی مانند ویژگی‌های برنامه تمرینی بویژه شدت تمرین (۱۸)، نیازهای متابولیک و هیپوکسی [۵۲] 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 [۴] 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 [۱۲]. 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 در شرایط *in vivo* و *in vitro* نشان می‌دهد که درمان با GH با افزایش سنتز پروتئین و کاهش تجزیه پروتئین ارتباط دارد. 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 اریبوزومی S6 (S6K1) را در فیبروبلاستهای 3T3 فعال می‌کند. مسیر پیامدهی mTOR نیز نقش مهمی در تحریک سنتز پروتئین‌های عضله پس از تمرین مقاومتی سنگین دارد. فعال شدن آبخاری S6K1 مسئول مرحله اول ترجمه بیان ژن و افزایش سنتز پروتئین‌های عضله و هایپرتروفی عضلانی است. این درحالیست که، شواهدی دال بر اینکه GH سنتز پروتئین را در انسان متعاقب تمرین مقاومتی شدید تحریک می‌کند، وجود ندارد [۳۷].

نتایج تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که سازگاری‌های عضلانی پس از تمرین مقاومتی کم شدت BFR با افزایش هورمون‌های آنابولیک مانند GH که برای رشد عضله ضروری است، ارتباط دارد [۱۰۲، ۵۲، ۴۸]. اگرچه شواهد موجود در این زمینه محدود است. در تحقیق حاضر که تمرین مقاومتی BFR با شدت ۲۰ درصد 1RM به مدت ۳ هفته انجام شد، سطح GH در این گروه حدود ۲/۵ برابر در مقایسه با سطح پیش از تمرین افزایش یافت. میزان افزایش سطح GH در تحقیق حاضر با نتایج تحقیق مانینی^۲ و همکاران (۲۰۱۲) و تانی‌موتو^۳ و همکاران (۲۰۰۵) همخوانی دارد [۱۲۰، ۱۱۵]. این در حالیست که، میزان افزایش سطح GH پس از تمرین مقاومتی کم شدت BFR تک جلسه‌ای در تحقیق کیم^۴ 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

1- phosphatidylinositol 3-kinase

2- Manini

3-Tanimoto

4-Kim

مقایسه با زمان پیش از تمرین افزایش یافت [۹۲]. به دلیل تشابه شدت برنامه تمرینی و محدودیت- های اعمال شده در تحقیق حاضر با مطالعه کیم و همکاران (۲۰۱۴)، به نظر می‌رسد علت اصلی تفاوت در نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های آنها، تفاوت در جنسیت آزمودنی‌ها و طول دوره تمرین باشد. 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 [۴۲]. تاکانو^۱ و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند تمرین مقاومتی کم شدت BFR، غلظت GH را ۱۰۰ برابر سطح استراحتی افزایش می‌دهد [۵۲]. این در حالیست که ریوس^۲ و همکاران (۲۰۰۶) افزایش غلظت GH را ۴۱ برابر و پرایس^۳ و همکاران (۲۰۰۶) افزایش آن را ۹ برابر سطح استراحتی گزارش کردند [۱۰۲، ۴۸]. 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. علاوه بر آن، در تحقیق حاضر، سطح GH پس از یک جلسه تمرین مقاومتی کم شدت BFR اندازه‌گیری نشده است، اما بر اساس پیشینه پژوهشی، به نظر می‌رسد سطح افزایش یافته GH پس از یک جلسه تمرین، مشابه میزان افزایش آن پس از ۳ هفته تمرین باشد. دلیل اصلی افزایش GH پس از تمرین مقاومتی کم شدت 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 تمرین مقاومتی کم شدت BFR باشد [۱۰۹]. از آنجائیکه برخی عوامل بی‌هواری مانند ایسکمی و افزایش تجمع لاکتات باعث تحریک اعصاب محیطی آوران می‌شود [۵۲]، لذا می‌توان گفت که افزایش گلیکولیز بی‌هواری در تمرین مقاومتی BFR دلیلی بر افزایش سطح GH است. در

1-Tanako
2-Reeves
3-Pierce

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. تاناکو 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 [۵۲]. این در حالیست که فوجیتا و همکاران (۲۰۰۷) ۴۰ دقیقه پس از برنامه تمرینی مشابه تاناکو و همکاران، افزایشی در سطح IGF-1 در گردش مشاهده نکردند. افزایش در سطوح سرمی IGF-1 و GH در زمان‌های متفاوتی پس از تمرین اتفاق می‌افتد [۳۷]. 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 [۱۲]. همانطور که پیش از این بیان شد، در تحقیق حاضر، در برابر افزایش ۲/۵ برابری سطح GH پس از تمرین در گروه تمرین BFR، افزایش در سطح سرمی IGF-1 حتی به ۱/۵ برابر در مقایسه با پیش از تمرین نرسید. اگرچه همانند تفاوت معنادار بین-گروهی در سطح سرمی IGF-1، تفاوت درون‌گروهی آن نیز در گروه تمرین BFR معنادار است، اما به نظر می‌رسد عدم افزایش سطح سرمی IGF-1 در پژوهش حاضر در مقایسه با تحقیقات پیشین که افزایش ۱۰ تا ۳۰ برابری را پس از تمرین گزارش کردند، زمان اندازه‌گیری سطح این هورمون باشد که قبل از رسیدن به مقدار اوج اندازه‌گیری شده است.

تاناکو 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 [۵۲]. 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 ویژه تمرین کرده اتفاق می‌افتد. 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 [۱۲۰]. اینکه آیا پاسخ GH به تمرین مقاومتی کم شدت BFR به خودتنظیمی مثبت در اتصال مولکول‌های مختلف ژن IGF-1 کمک می‌کند، هنوز بطور دقیق مشخص نشده است. 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 [۱۱۹]. 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 [۱۲۰]. کیم و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که تمرین مقاومتی سنگین، پس از ۲۴ ساعت باعث خود تنظیم مثبت MGF و IGF-1Ea می‌شود [۱۲۱].

نتایج چندین مطالعه نیز نشان داد که ۹ تا ۱۶ هفته تمرین مقاومتی در زنان و مردان پیر و جوان، تعداد سلول ماهواره‌ای را بطور معناداری افزایش می‌دهد [۱۲۲، ۱۲۳]. سلول‌های ماهواره‌ای باعث تولید تارهای عضلانی جدید می‌شود و افزایش تولید تارهای عضلانی از طریق افزایش سلول‌های بنیادی در دسترس و یا بکارگیری هسته‌های دهنده^۱ تارهای عضلانی موجود اتفاق می‌افتد. فعال شدن سلول‌های ماهواره‌ای باعث بیان فاکتورهای میوژنیک مانند میوژنین و میوستاتین می‌شود [۱۲۰]. این موضوع اشاره دارد به اینکه ژن‌های میوژنیک دارای واکنش تأخیری هستند. شدت پایین در تمرین مقاومتی کم شدت BFR یکی از عوامل تأخیر در پاسخ هست. در تحقیق حاضر، بیان ژن‌های میوژنیک ارزیابی

نشده است؛ اما از آنجائیکه در این تحقیق، سطح سرمی هورمون‌ها ۲۴ ساعت پس از اتمام تمرین اندازه‌گیری شده‌است؛ لذا این موضوع می‌تواند توجیهی بر افزایش کم سطح IGF-1 در مقایسه با سایر مطالعات و افزایش اندک و غیر معنادار اندازه توده عضلانی باشد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد سطح سرمی کورتیزول در هر دو گروه تمرین مقاومتی با و بدون BFR در مقایسه با مقادیر قبل از تمرین بطور معناداری افزایش یافت. بعلاوه، پس از سه هفته تمرین، بین سطح سرمی کورتیزول گروه BFR و بدون BFR با گروه کنترل تفاوت معناداری مشاهده شد؛ این درحالیست که تفاوت بین دو گروه تمرینی در پایان تمرین معنادار نبود. به بیان دیگر، در تحقیق حاضر، الگوی تغییرات کورتیزول پس از تمرین مقاومتی کم شدت BFR و تمرین مقاومتی شدید بدون BFR تقریباً مشابه بود. بر اساس نتایج تحقیقات پیشین، سطح سرمی کورتیزول پس از تمرین قدرتی بطور حاد افزایش می‌یابد [۶۲، ۱۹]. ساز و کارهای زیادی در بدن وجود دارند که باعث تغییر غلظت هورمون کورتیزول می‌شوند، شدت فعالیت ورزشی و فشارهای روانی یکی از نیرومندترین و تأثیرگذارترین محرک‌ها بر میزان ترشح این هورمون است [۱۲۴]. 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 [۱۲۵]. به نظر می‌رسد دلیل افزایش غلظت کورتیزول در شرایط استرسی و فشارهای جسمانی، تغییر در نحوه عملکرد محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال باشد [۱۲۴، ۱۲۶]. این در حالیست که، دلیل اصلی افزایش هورمون کورتیزول پس از تمرین مقاومتی کم شدت BFR هنوز بطور کامل شناخته نشده‌است. تغییرات سطح کورتیزول پس از تمرین مقاومتی کم شدت BFR در تحقیق حاضر، با نتایج تحقیق فوجیتا و همکاران (۲۰۰۷)، مادارام و همکاران (۲۰۱۰)، فرای و همکاران (۲۰۱۰) و کیم و همکاران (۲۰۱۴) همخوانی دارد. آنها نشان دادند تمرینات مقاومتی BFR باعث افزایش سطح هورمون کورتیزول می‌شود که این با افزایش ناشی از تمرینات مقاومتی با شدت بالا برابری می‌کند. 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 می‌گردد [۹۲، ۴۳، ۳۶، ۳۴]. از اینرو می‌توان گفت که افزایش گلیکولیز بی-هوازی در تمرین مقاومتی کم شدت BFR به دلیل محدود شدن جریان خون و در تمرین مقاومتی 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 می‌دهد و موجب افزایش رهایی چربی‌ها و اسیدهای آمینه به جریان خون می‌شود [۱۲۷]. این هورمون اثر کاتابولیکی بر روی پروتئین‌های میوفیبریل دارد و سنتز پروتئین را مهار می‌کند [۱۲]. علاوه بر این، آثار کاتابولیکی کورتیزول بر فیبرهای عضلانی نوع دوم بیشتر و بزرگتر از نوع اول است [۱۲۱]. لذا، تحریک اعصاب محیطی تارهای عضلانی تند انقباض که در طول تمرین مقاومتی کم شدت BFR [۱۱۶]، می‌تواند یکی از دلایل افزایش کورتیزول پس از این تمرینات باشد [۱۰۹]. 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 [۱۱۱، ۱۲۴، ۴۹].

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 [۱۰۱، ۱۰۲]، 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. از دلایل احتمالی دیگر، زمان اندازه‌گیری سطح سرمی هورمون پس از پایان تمرین است. برنامه تمرینی بیشتر تحقیقات در زمینه تأثیر تمرینات BFR بر سطح سرمی کورتیزول، ورزش‌های تک جلسه‌ای است که در این تمرینات، سطح سرمی متغیرهای خونی بلافاصله پس از اتمام تمرین اندازه‌گیری می‌شود، در حالیکه در پژوهش حاضر و سایر تمرینات کوتاه و بلند مدت که هدف بررسی سازگاری بلند مدت سطح سرمی هورمون‌ها به تمرین است، نمونه-های خونی ۲۴ یا ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین اندازه‌گیری می‌شود.

بر اساس نتایج تحقیق حاضر، بین سطح سرمی تستوسترون در گروه‌های تمرین مقاومتی با و بدون BFR، قبل و بعد از تمرین تفاوت معناداری مشاهده نشد. بعلاوه، تفاوت بین سطح سرمی تستوسترون در گروه‌های مختلف، در پایان تمرین معنادار نبود. این یافته با نتیجه پژوهش‌های ریوس و همکاران (۲۰۰۶) و فوجیتا و همکاران (۲۰۰۷) که تغییر معناداری پس از تمرینات مقاومتی تک جلسه‌ای BFR [۱۰۲،۳۶] و نتیجه پژوهش‌های یاسودا و همکاران (۲۰۱۰) و همچنین اب و همکاران (۲۰۰۶) که تغییر معناداری پس از تمرینات طولانی مدت BFR در سطح سرمی تستوسترون مشاهده نکردند، همخوانی دارد [۱۲۸،۱۰۱]. گزارش شده است که مکانیسم تأثیر تمرینات تک جلسه‌ای و طولانی مدت BFR بر سطح تستوسترون تا کنون بطور کامل شناخته نشده است [۱۲۹]. از آنجائیکه برنامه‌های تمرینی ارائه شده در تحقیق حاضر از نوع بی‌هوازی بودند، انتظار می‌رفت که این برنامه‌های تمرینی بتواند باعث افزایش سطح تستوسترون گردد. زیرا بر اساس شواهد پژوهشی، لاکتات تولیدی در تمرینات بی‌هوازی، بطور مستقیم ترشح تستوسترون را در سلول‌های لیدیگ تحریک می‌کند [۱۳۰]. اما به نظر می‌رسد حجم تمرینات ارائه شده و حتی محدود کردن جریان خون عضله هم برای افزایش معنادار سطح تستوسترون کافی نبود. برای تأیید این ادعا، می‌توان به حجم تمرین ارائه شده در پژوهش‌های کریمر (۲۰۰۴) اشاره کرد. در این راستا کریمر (۲۰۰۴) اظهار داشت چنانچه فاصله استراحت بین دوره‌های تمرین مقاومتی که با ۸۰ درصد 1RM در ۶ دوره و ۱۰ تکرار در هر دوره اجرا می‌شود کمتر از ۱ دقیقه باشد؛ می‌تواند سبب افزایش قابل توجهی در ترشح هورمون رشد و تستوسترون شود [۱۵]. تستوسترون هورمونی آنابولیکی است که باعث تحریک پروتئین سازی می‌شود و در رشد و حفظ بافت عضلانی نقش بسیار مهمی بر عهده دارد [۱۶].

بطور کلی بر اساس نتایج تحقیق حاضر، اگرچه الگوی تغییر سطح سرمی هورمون‌های کورتیزول، تستوسترون، GH، IGF-1 در هر دو گروه تمرینی مشابه است، اما در پروتکل‌های کوتاه مدت، تمرین مقاومتی کم شدت BFR می‌تواند باعث افزایش بیشتر هورمون‌های آنابولیک-کاتابولیک در مقایسه با تمرین مقاومتی بدون BFR در مردان جوان شود. از اینرو به نظر می‌رسد محدود شدن جریان خون

به هنگام تمرین، خود عامل مهمی در ایجاد پاسخ‌های هورمونی باشد. 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.

۴-۵- پیشنهادهای کاربردی

- ✓ بر اساس نتایج تحقیق حاضر، تغییر مقدار 1RM و سطوح هورمونی بجز هورمون رشد در دو گروه تجربی مشابه بود، لذا می‌توان گفت که برای ایجاد تغییر در مقدار 1RM و غلظت هورمون‌های آنابولیک و کاتابولیک، تمرین مقاومتی کم شدت همراه با محدود کردن جریان خون جایگزین مناسبی برای تمرین مقاومتی شدید سنتی است.
- ✓ در پژوهش حاضر، در هر دو برنامه تمرینی، سه هفته تمرین باعث افزایش قدرت و اندازه عضله در مقایسه با پیش از تمرین شد. لذا افرادی که قصد دارند در یک مدت زمان سه هفته‌ای از تمرینات مقاومتی برای افزایش قدرت و توده عضلانی استفاده نمایند، می‌توانند از حجم تمرین ارائه شده در تحقیق حاضر استفاده نمایند.
- ✓ نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تغییرات سطوح هورمونی بجز هورمون رشد، فقط در گروه تمرین BFR در مقایسه با پیش از تمرین معنادار بود. این موضوع نشان می‌دهد تغییرات درون گروهی در گروه تمرین BFR بیشتر از گروه تمرین مقاومتی شدید بدون BFR در مدت سه هفته است.

۵-۵- پیشنهاد برای تحقیقات آتی

- ✓ پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی، پاسخ هورمون‌های مرتبط با قدرت و اندازه عضله پس از تمرینات مقاومتی کم شدت BFR یک جلسه‌ای مورد مطالعه قرار گیرد.
- ✓ پیشنهاد می‌شود تأثیر تمرین مقاومتی کم شدت BFR بر سطوح هورمونی مرتبط با قدرت و اندازه عضله در دختران جوان بررسی شود.

- ✓ پیشنهاد می‌شود تأثیر ۸ هفته تمرین مقاومتی کم شدت BFR بر سطوح هورمونی مرتبط با قدرت و اندازه عضله در مردان جوان بررسی شود.
- ✓ بر اساس نتایج تحقیقات انجام شده، حداقل شدت تمرین مقاومتی سنتی طولانی مدت برای افزایش قدرت عضلانی ۱۰ درصد 1RM گزارش شده است. پیشنهاد می‌شود تأثیر تمرین مقاومتی BFR با شدت ۱۰ درصد 1RM بر سطوح هورمونی مرتبط با قدرت و اندازه عضله در روی مردان جوان بررسی شود.

منابع

و

مآخذ

1. Wernbom M. Augustsson J. Thomee R. (2006) "Effects of vascular occlusion on muscular endurance in dynamic knee extension exercise at different sub maximal loads" **J Strength Cond Res**;20: 372-77.
2. American College of Sports Medicine.American College of Sports Medicine position stand.(2009) "Progression models in resistance training for healthy adults" **Med Sci Sports Exerc**; Mar;41(3):687-708.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Bompa T. Di Pasquale M. Cornacchia L. AghaAli Nejhad H. Siyah Kohiyan M. Rajabi H.(2003) "**Serious Strength Training. 2nd ed. Trans**" vol 1 Danesh Pajhuan, Tehran, P245-69
7. Fleck S. Kraemer WJ.(2004) "**Resistance training and exercise prescription**". In: Fleck SJ. Kraemer WJ. Editors.Designing resistance training programs. Champaign: Human Kinetics,179-81
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. Baechle T.R. and R.W.Earle.(2000) "**Essentials Of Strength Training and Conditioning**" Champaign IL: Human Kinetics.41: 110-123
14. 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.
15. Kraemer WJ. (2004) "**Neuroendocrine responses to resistance exercise**" In: Fleck SJ. Kraemer WJ. Editors. Designing resistance training programs. Champaign: Human Kinetics;. P. 86-107

16. 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.
17. 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
18. 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.
19. Mc Ardell WD. Katch FI. Katch VL.(2007) "**Exercise physiology (Energy, Nutrition, and Human Performance)**". 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins
20. LeRoith D, Bondy C. Yakar S. Liu JL, Butler A.(2001) "The somatomedin hypothesis". **Endocr Rev**; 22(1):53-74.
21. 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.
22. 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.
23. Raastad T. Bjørø T. Hallén J.(2000)"Hormonal responses to high-and moderate-intensity strength exercise" **Eur J Appl Physiol**; 82(1-2):121-128.
24. Sauro LM. Kanaley JA.(2003) "The effect of exercise duration and mode on the growth hormone responses in young women on oral contraceptives" **Eur J Appl Physiol**; 90(1-2):69-75.
25. Goto K. Sato K. Takamatsu K.(2003) "A single set of low intensity resistance exercise immediately following high intensity resistance exercise stimulates growth hormone secretion in men" **J Sports Med Phys Fitness**; 43(2):243-49.
26. 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.
27. 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.
28. 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.
29. Manini TM . Clark BC.(2009) "Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health" **Exerc Sport Sci Rev**; 37(2): 78-85.
30. 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.
31. 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.
32. 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.

33. 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.
34. 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.
35. 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.
36. 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.
37. 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.
38. 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.
39. 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.
40. 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.
41. Edington DW. Edgerton VR.(2007) “**The Biology of Physical Activity**”, Trans, Nikbakht H.Samt.Tehran.p.50
42. 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.
43. 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.
44. Thoma M.(2006)“Hammer Strength vs. Free Weights: Upper Body 1RM Comparisons”, Masters Theses and Specialist Projects,
۴۵. سوری ر، رنجبر ک، رواسی ع.ا.(۱۳۹۲) "مقایسه تاثیر تمرین استقامتی و مقاومتی بر مقادیر سرمی واسپین و ادیپونکتین در مردان میانسال چاق" **فیزیولوژی ورزشی**، شماره ۲۰، ص ۹۷-۱۱۴.
46. Schoenfeld BJ. (2010) “The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training” **J Strength Cond Res**; 24(10):2857-72.
47. Christopher Raymond B.S.,(2013), for the Degree Master of science.thesis, “high intenisty strength training in conjunction with vascular occlusion”, in Partial Fulfillment of the Requirements,Texas State University-San Marcos,
48. Christopher AF. Loenneke JP. Rossow LM. Thiebaud RS. Bembem MG.(2012) “Methodological considerations for blood flow restricted resistance exercise” **J of Trainol**;1,14-22.
49. 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.

۵۰. حسینی کاخک ع، شریفی مقدم ا، حامدی نیا م.ر، 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 زیستی ورزشی*، شماره ۱۰، ص ۹۵-۱۱۴.

51. 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.

52. 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.

۵۳. شیخ م، شهبازی م، طهماسبی بروجنی ش، (۱۳۸۸) "سنجش و اندازه گیری در تربیت بدنی و علوم ورزشی" چاپ پنجم، انتشارات بامداد کتاب، تهران.

54. Bird SP. Tarpening KM. Marino FE.(2005) "Designing resistance training programmers to enhance muscular fitness" **Sports Med**; ,35(10):841-51.

۵۵. صفرزاده گرگری ص، صفرزاده گرگری ص، مال اندیش ع، (۱۳۹۱) "تأثیر تمرین مقاومتی بر پاسخ حاد هورمون تستوسترون و رشد در افراد زیر ۱۸ و بالای ۱۸ سال" *فیزیولوژی ورزشی*، شماره ۱۵، ص ۱۳۵-۱۵.

56. Felsing NE. Brasel JA. Cooper DM.(1992) "Effect of Low and High Intensity Exercise on Circulating Growth Hormone in Men" **J Clin Endocrinol Metab**;75:157-62.

۵۷. کاتارینات. بورر(۱۳۸۹)، "هورمون ها و فعالیت ورزشی" ترجمه ی دکتر عباسعلی گائینی، دکتر مریم کوشکی جهرمی، دکتر محمدرضا حامدی نیا، چاپ اول، انتشارات سمت، تهران، ص ۳۱۷-۳۱۸.

58. 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.

59. 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,

۶۰. ویلمور، جک اچ، کاستیل، دیوید ال (۱۳۸۱) "فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی" جلد اول و دوم، ترجمه ضیاء معینی وهمکاران، انتشارات مبتکران، تهران.

61. Carolin K. Lynn Allen C.(2007) "**Therapeutic Exercise**" F.A.davis company, Philadelphia

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

63. Kraemer RR. Durand RJ. Hollander DB.(2004) "Ghrelin and Other Glucoregulatory Hormone Response to Eccentric and Concentric Muscle Contraction" **Endocrine**;24:93-98.

۶۴. توفیقی ا، جلالی دهکردی ع، ترتیبیان ب، فتح الهی شورابه ف، سینایی م، (۱۳۹۱) " اثر سه نوع تمرین هوازی، مقاومتی و موازی بر میزان ترشح هورمون رشد و فاکتور رشد شبه انسولین یک در زنان سالمند "مجله دانشکده پزشکی اصفهان، سال ۳۰، شماره ۱۸۴.
۶۵. مرنندی 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 ۹۱-۷۹.
66. Kraemer RR. Kilgore JL. Kraemer GR. Castracane VD.(1992) "Growth hormone. IGF-1 and testosterone responses to resistive exercise" **Med Sci in Sports Exe**;24(12):1346-52.
67. 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.
68. Fiataronesingh MA. Ding W. Manfredi TJ. Solares GS. O'Neill EF. Clements KM, et al. (1999) "Insulin-like growth factor I in skeletal muscle after weight-lifting exercise in frail elders" **Am J Physiol Endocrin Metab**;277:135-143.
۶۹. رسائی م ج، گائینی ع، ناظم ف، (۱۳۷۳) "سازگاری هورمون و ورزش" دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
۷۰. سنگدل ح، (۱۳۷۲)، "فیزیولوژی ورزش"، کمیته ملی المپیک جمهوری اسلامی ایران، تهران.
71. 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.
72. Elmigdadı IF. 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.
۷۳. 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.
74. Walker KS. Kambadur R. Sharma M. Smith HK.(2004) "resistance training alters plasma myostatin but not IGF-1 in healthy men" **Med Sci in Sports Exer**;36(5):787-793.
۷۵. سنگدل ح، (۱۳۷۰) "فیزیولوژی انسان" جلد اول، چاپ دوم، انتشارات یزد، یزد.
76. Powers S. Howley ET.(2004) "**Exercise Physiology**" Fifth Ed, Champaign, IL: McGraw Hill
77. 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.
78. Wilson JD. Foster DW. Kroeberg HM. Larsen PR.(1998) "**Williams textbook of endocrinology**" 9 th Ed. W.B.SAUNDERS COMOANY
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.
80. Rutherford O.(1999) "Hormons as stimuli for Muscle Growth" **Basic Appl Mylo**;9: 285-288.

81. Esqard E. Colyl E.(2000) "Physical activity as a metablc stressor" **Am J Chem Nutr**;72:512-520.
82. 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.
83. Bjoro T. Hallen J.(2000) "Hormonal responses to high and moderate intensity strenght exersice" **Eur J Appl Physical**;82:121-8.
84. Kraemer WJ. Ratamess N.(2003) "Fundamentals of resistance training: Progression and exercise prescription" **Med SciSports Exer**;674-88.
85. Astrand PO. Rodahl K. Dahl HA. et al.(2003) "**Textbook of work physiology**" Champaign IL.Human Kinetics
86. Handziski Z.Maleska V.Petrovaska S.et al.(2006) "The changes of ACTH,cortisol, testosterone and testosterone/cortisol ratio in professional soccer players during a competition half season" **Bratisl Lek Listy**;107(6-7):259-63.
87. Loenneke JP. Fahs CA.Wilson JM. Bemben MG.(2011) "Blood flow restriction: The metabolite/volume threshold theory" **Med Hypotheses**; 77(5):748-52.
88. 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.
89. Farthing JP. Chilibeck PD.(2003) "The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy" **Eur J Appl Physiol**;89:578-86.
90. 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.
91. Madarame H1. 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.
92. 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.

۹۳. صادقی بروجردی س، رحیمی ر،(۱۳۸۸)" واکنش هورمون های GH و IGF-1 نسبت به دو برنامه ی مقاومتی شدید هم حجم با استراحت های متفاوت بین ست ها" **فصلنامه المپیک،سال هفدهم،شماره ۱،ص۶۸-۵۸.**

۹۴. کارگرفرد م، امیری ا، مرادیان ک، (۱۳۸۹)" مقایسه ی چهار پروتکل تمرین مقاومتی بر میزان ترشح هورمون رشد در ورزشکاران مرد مبتدی" **مجله دانشکده پزشکی اصفهان،سال بیست و هشتم،شماره ۱۰۸،ص۳۳۸-۳۲۷.**

۹۵. 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.**

۹۶. هاشمی چاشمی ز، گراوند ن، جلالی دهکردی خ، رواسی ع ا، سرداری م، (۱۳۹۱) "مقایسه ی اثر یک جلسه تمرین مقاومتی با شدت متوسط بر میزان هورمون رشد زنان فعال و غیرفعال" *مجله ی علمی پزشکی جندی شاپور*، دوره ی ۱۱، شماره ی ۲، ص ۱۴۸-۱۵۶.

۹۷. شاکری ن، نیک بخت ح، آذربایجانی م ع، امیرتاش ع م، (۱۳۹۰) "تأثیر نوع تمرین قدرتی، استقامتی و ترکیبی بر غلظت تستوسترون و کورتیزول سرمی مردان جوان تمرین نکرده" *نشریه علمی-پژوهشی، فصلنامه علوم ورزش، سال سوم، شماره ۸، ص ۹۷-۱۱۵*.

۹۸. اراضی ح، دمیرچی ا، اسدی ع، (۱۳۹۳) "مقایسه پاسخ حاد هورمونی متعاقب فعالیت مقاومتی با شدت متوسط در مردان جوان و میانسال" *مجله علوم پزشکی رازی*، دوره ۲۱، شماره ۱۱۸، ص ۶۴-۷۲.

۹۹. حسینی کاخک ع، جابری شهرکی م، حامدی نیا م ر، (۱۳۹۳) "تأثیرات حاد دو برنامه ی تمرین مقاومتی با شدت متوسط، حجم برابر و سرعت های آهسته و سریع بر برخی هورمون های آنابولیک و کاتابولیک" *مجله علوم زیستی ورزشی*، دوره ۶، شماره ۲، ص ۲۰۵-۲۱۸.

100. Ogasawara R. Yasuda T. Ishii N. Abe T.(2013) "Comparison of muscle hypertrophy following 6-month of continuous and periodic strength training" **Eur J Appl Physiol**;113:975-85.

101. Abe T. Charles F.kearns. Sato Y.(2006) "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.

102. 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.

103. Karabulut M. Abe T. Sato Y. Bemben 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.

104. 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**; 010:1796-9.

105. 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.

106. 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.

۱۰۷. 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 ی علمی

پژوهشی فیزیولوژی ورزشی، شماره ۲۱، ص ۱۳۶-۱۲۳.

108. Yasuda T. Abe T. Sato Y. Midorikawa T. Kearns CF. Inoue K. Ryushi T. and Ishii N. (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.
109. Moore DR. Burgomaster KA. Schofield LM. Gibala MJ. Sale DG. and Phillips SM. (2004) "Neuromuscular adaptations in human muscle following low intensity resistance training with vascular occlusion" **Eur J Appl Physiol**; 92: 399-406.
110. Drummond MJ. Dreyer HC. Pennings B. Fry CS. Dhanani S. Dillon EL. Sheffield-Moore M. Volpi E. and Rasmussen BB. (2008) "Skeletal muscle protein anabolic response to resistance exercise and essential amino acids is delayed with ageing" **J Appl Physiol**; 104: 1452-1461.
111. 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.
112. Terzis G. Georgiadis G. Stratakos G. Vogiatzis I. Kavouras S. Manta P. Mascher H. and Blomstrand E. (2008) "Resistance exercise-induced increase in muscle mass correlates with p70S6 kinase phosphorylation in human subjects" **Eur J Appl Physiol**; 102: 145-152.
113. Kumar V. Selby A. Rankin D. Patel R. Atherton P. Hildebrandt W. Williams J. Smith K. Seynnes O. Hiscock N. and Rennie MJ. (2009) "Age-related differences in the dose-response relationship of muscle protein synthesis to resistance exercise in young and old men" **J Physiol**; 587: 211-217.
114. 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.
115. Godfrey RJ. Madgwick Z. and Whyte GP. (2003) "The exercise-induced growth hormone response in athletes" **J. Sports Med**; 33:599-613.
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. Manini TM. and Clark BC. (2009) "Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health" **Exerc Sport Sci Rev**; 37(2): 78-85.

120. 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.
121. 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.
122. Olsen S. Aagaard P. Kadi F. Tufekovic G. Verney J. Olesen JL. Suetta C. and Kjaer M. (2006) "Creatine supplementation augments the increase in satellite cell and myonuclei number in human skeletal muscle induced by strength training" **J Physiol**; 573: 525-534.

۱۲۳. شریعت ا، کارگرفرد م، شریفی غر، (۱۳۹۰) "اثر تمرین مقاومتی سنگین بر ریتم

شبهانه روزی کورتیزول بزاقی در ورزشکاران مرد بدن ساز" **مجله دانشکده پزشکی اصفهان**،

سال ۲۹، شماره ۱۶۷، ۲۴۰۰-۲۴۱۲

۱۲۴. 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

125. 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.

۱۲۶. عباسی دلویی س، قنبری نیاکي 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، ۲-۲۰۱.

127. 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.
128. Loenneke JP. Wilson JM. Pujol TJ. Bemben MG. (2011) "Acute and chronic testosterone response to blood flow restricted exercise" **Horm Metab Res**; 43:669-673.
129. Lin HS. Wang W. Wang RY. and Wang PS. (2001) "Stimulatory effect of lactate on testosterone production by rat Leydig cells" **J Cell Biochem**; 83: 147-154

The effect of blood flow restricted resistance training on serum hormone levels in relation to muscle size and strength in young men

Abstract

The aim of the study was to investigate the effect of blood flow restricted resistance training on serum hormone levels in relation to muscle size and strength in young men. A total of 30 healthy young men (aged 19-24 yrs) were volunteered for this study. Subjects were randomly assigned into three groups: a low intensity blood flow restricted resistance exercise (BFR) group (20% of 1-RM, 3 sets 15 reps), a traditional high intensity resistance exercise without blood flow restriction (HI) group (3 sets of 10 repetitions at 80% of 1-RM) and a control group. Both BFR and HI groups trained 3 days per week for 3 weeks for knee extension and squat exercises. Fasting serum cortisol, growth hormone (GH), IGF-1 and testosterone levels were measured in the morning pre and post exercise sessions. Data were analyzed with one-way ANOVA in the level of $p < 0.05$. After 3 weeks, serum GH, IGF-1 and cortisol levels changed significantly between three groups ($P < 0.05$). However, there was no significant changes in serum testosterone between them ($P > 0.05$). In conclusion, short term BFR exercise training stimulated increases more than without BFR exercise training in anabolic-catabolic hormones in young men.

Key words: Blood flow restriction, Growth Hormone, Insulin like Growth Factor-1, Cortisol



Shahrood University of Technology

Faculty Industrial and Management

**The effect of “blood flow restricted” (BFR) resistance training on serum hormone
size and strength levels in relation to muscle**

Shahram Mohamadi

Supervisor: Rahimeh MehdiZadeh (ph.D)

Date: November 20
