المپیک
فصلنامه
سال بیستم- شماره ۳ (پیاپی ۵۹) پاییز ۱۳۹۱

بهینه‌سازی حجم تمرین مقاومتی در بهبود قدرت بیشینه با کمک شبکهٔ عصبی مصنوعی

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/۲۷
تاریخ تصویب: ۹۱/۴/۲۲

❖ **فخرالدین ایزدمنش**؛ دانشجوی کارشناسی‌ارشد دانشگاه حکیم سبزواری
❖❖ **دکتر محمدرضا حامدی‌نیا**؛ دانشیار دانشگاه تربیت معلم سبزوار*
❖❖❖ **دکتر ابراهیم حسینی**؛ دانشیار دانشگاه حکیم سبزواری

چکیده: هدف از تحقیق حاضر عبارت است از بهینه‌سازی حجم تمرین مقاومتی به منظور افزایش قدرت بیشینه با کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی. به همین منظور، دوازده ترکیب متنوع از ست‌ها و تکرارها تعیین شد. از بین تمامی دانشجویان پسر دانشگاه حکیم سبزواری (سن: ۱/۲±۲۲ سال، قد: ۷±۱۷۳ سانتی‌متر، وزن: ۱۰/۷±۶۶ کیلوگرم) که واحد تربیت بدنی را انتخاب کرده بودند، ۹۴ نفر به صورت نمونهٔ در دسترس انتخاب و به روش تصادفی به هشت گروه تمرینی (۳×۳ RM، ۳×۴ RM، ۳×۶ RM، ۴×۴ RM، ۴×RM۶، ۵×RM۳، ۵×۵ RM و ۵×۶ RM) تقسیم شدند. پاسخ چهار گروه باقیمانده (۳×۵ RM، ۴×۳ RM، ۵×۴ RM و ۵×۴ RM) از دامنهٔ ست‌ها و تکرارهای فرض شده، به کمک شبکهٔ عصبی مصنوعی پیش‌بینی شد. آزمودنی‌ها در هر گروه هشت هفته و هر هفته دو جلسه حرکات پرس سینه، پرس پا با دستگاه، حرکت زیربغل قایقی و پشت پا خوابیده با دستگاه را انجام دادند. پیش از شروع و پس از پایان دورهٔ تمرین، قدرت بیشینه (۱RM) در حرکات پرس سینه و پرس پا، وزن بدون چربی و درصد چربی آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. در این پژوهش مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی با دو متغیر ورودی و یک متغیر خروجی طراحی شد. در پایان نتایج گروه‌های تجربی، همچنین نتایج گروه‌های پیش‌بینی شده با یکدیگر مقایسه و با درصد بیان شدند. نتایج زیر به دست آمد: گروه ۶×۵ RM بیشترین قدرت بیشینه را در پرس پا، وزن بدون چربی و کاهش درصد چربی کسب کرد و گروه ۴×۴ RM بیشترین قدرت بیشینه را در پرس سینه به دست آورد. با توجه به این نتایج، برای افرادی که مایل‌اند در این دامنه از ست‌ها و تکرارها بیشترین قدرت را در عضلات پایین تنه، وزن بدون چربی و کاهش درصد چربی بدن کسب کنند پروتکل با حجم بالا نسبت به سایر پروتکل‌ها برتری دارد، در حالی که افزایش قدرت بیشینه در عضلات بالاتنه با استفاده از پروتکل‌های با حجم کمتر نیز کسب خواهد شد.

واژگان کلیدی: بهینه‌سازی، تمرین مقاومتی، حجم تمرین، شبکه‌های عصبی مصنوعی، قدرت بیشینه.

* **E. mail: mrhamedinia@sttu.ac.ir**

www.SID.ir
Archive of SID

مقدمه

تمرینات مقاومتی مؤثرترین مداخلهٔ تمرینی به منظور افزایش چگالی و قدرت عضلانی در افراد مسن و جوان شناخته شده‌اند (۳۳،۹،۱۰). افزایش سازگاری‌های مربوط به اجرای ورزشی- همچون قدرت بیشینه، استقامت، توان و هایپرتروفی- ممکن است با روش‌های مناسب تمرین مقاومتی صورت پذیرد؛ این سازگاری‌های به دست آمده از تمرینات مقاومتی، به تأثیر متقابل متغیر برنامهٔ کوتاه‌مدت بازمی‌گردد، شامل بار تمرین (شدت)، حجم تمرین، تواتر تمرین، انتخاب و ترتیب حرکات، دوره‌های استراحت و سرعت تکرارها (۱۳،۲۱). این متغیرها به روش‌های متعددی دستکاری می‌شوند و پیوستاری از برنامه‌های تمرین مقاومتی به منظور افزایش سازگاری‌های مربوط به وجود می‌آورند (۳۹).

قدرت بیشینه حداکثر ظرفیت تولید نیرو در گروهی از عضلات در مقابل مقاومت (وزنه) است که در بسیاری از رشته‌های ورزشی از جمله وزنه‌برداری و پرورش اندام اصل و مبنای حرکات محسوب می‌شود (۴۱). قهرمان دوی سرعت برای بهبود قدرت در سرعت (توان) که نوع ویژه‌ای از قدرت است عمدتاً تلاش می‌کند، در حالی که تأکید ورزشکار پرندهٔ طول یا بازیکن بسکتبال بیشتر توسعه و بهبود ظرفیت قدرت واکنشی است. تصمیمات مربی یا ورزشکار در هر رشتهٔ ورزشی اختصاصی است، ولی نکتهٔ قابل توجه این است که در بیشتر برنامه‌های تمرینی ابتدا قدرت بیشینه بهبود می‌یابد، زیرا اصلی مهم و مبنایی عمومی در حمایت از تمرینات است و برای ابعاد گوناگونی از توان‌مندسازی ورزشکاران استفاده می‌شود (۴۱).

حجم تمرین عامل مهمی در بهبود قدرت محسوب می‌شود. حجم تمرین را با حاصل ضرب تعداد تکرارهای انجام شده در هر ست و تعداد ست‌های انجام شده در هر جلسهٔ تمرینی محاسبه می‌کنند (۲۱) و به طور مستقیم بر کل کار انجام شده در تمرین تأثیر دارد (۱۵). دستکاری متغیرهای برنامهٔ تمرین مقاومتی به عضلات از راه‌های گوناگون فشار می‌آورد، در نتیجه باعث توسعه و افزایش قدرت بیشینه می‌شود (۱۴). تحقیقات در این زمینه، به منظور بهینه‌سازی بهبود قدرت، اغلب بر روی ترکیبات متنوعی از ست‌ها و تکرارها صورت گرفته است (۴۱). تغییر در حجم تمرین، تحریک مؤثری بر عضله ایجاد می‌کند که در نتیجهٔ آن سازگاری‌های عضلانی رخ می‌دهد و باعث تولید نیروی بیشتر می‌شود. این سازگاری‌ها عبارت‌اند از افزایش عملکرد عضلانی (فراخوانی و میزان تخلیهٔ عصبی بیشتر)، افزایش سطح مقطع، تغییر در ساختار عضله و احتمالاً نقش متابولیت‌ها در افزایش قدرت عضله (۸).

با توجه به مطالعات فراوانی که در این زمینه انجام شده است (۳۲،۴۲) هنوز مسئلهٔ حجم بهینه، که محرکی برای توسعهٔ قدرت است، همچنین تأثیرگذاری این محرک همراه با فرایند تمرین، به شکل رضایت‌بخشی حل نشده است (۱۸). شاید مسئلهٔ مهم‌تر این باشد که بسیاری از ورزشکاران، زمان زیادی را صرف انجام تمرینات مقاومتی می‌کنند و حجمی غیرضروری از این تمرینات را انجام می‌دهند.

در این زمینه، پالسن و همکارانش (۳۱) آثار ترکیب سه ست و هفت تکرار و یک ست و هفت

www.SID.ir

تکـرار را در بالاتنه و پایین‌تنه در دو گروه مقایسـه کردند. در انتها قدرت در هر دو گروه افزایش یافت، ولی گروهی که سـه ست و هفت تکرار در پایین‌تنه انجام دادند نسـبت به گروه دیگر قدرت بیشتری در پایین‌تنه کسـب کردند. افزایش قدرت در بالاتنه در هر دو گروه یکسان بود.

در مطالعـه‌ای دیگر درینک‌واتـر و همکارانش (۱۶) بـه منظور بررسـی اثر افزایش حجـم بر روی توسـعهٔ قدرت، آزمودنی‌های حرکت پرس سینه را در ترکیبی از چهار سـت شش تکراری، هشت ست سـه تکراری و دوازده سـت سـه تکراری، به مدت شش هفته و هر هفته سه جلسه تمرین دادند. در پایان مطالعه هر سـه گروه در قدرت بیشینه بهبود داشتند و تفاوت معناداری بین گروه‌ها وجود نداشت.

همسـو با این تحقیـق، کامپـوس و همکارانش (۱۴) ۲۲ مرد تمرین نکرده با میانگین سـنی ۲۲ سال را در سـه برنامهٔ تمریـن مقاومتی مختلف شـرکت دادند. آزمودنی‌ها به سـه گروه تمرینی و یک گروه کنترل تقسـیم شدند. گروه اول چهار ست سه تا پنج تکراری، گروه دوم سـه سـت نه تا یازده تکراری و گروه سـوم دو سـت ۲۰ تا ۲۸ تکـراری را به مدت هشت هفته انجام دادند. در انتها، هر سه گروه افزایش معناداری را در کسب قدرت نشان دادند و گروه‌ها با یکدیگر تفاوت معناداری نداشتند.

بنابرایـن، انجام تحقیقی که بتوان در آن مسـئلهٔ حجـم بهینه و صرفه‌جویی در زمـان و انرژی را حل کرد ضروری به نظر می‌رسـد. یکی از مناسـب‌ترین روش‌ها، استفاده از مدل‌های شبکهٔ عصبی مصنوعی اسـت. مبحث شـبکهٔ عصبـی مصنوعـی مربوط به شبیه‌سـازی قوهٔ یادگیری در مغز انسان و پیاده‌سازی آن به صورت الگوریتم‌های رایانه‌ای است. شبکه‌های عصبی از عناصر عملیاتی سـاده‌ای به صورت موازی ساخته می‌شـوند. این عناصر از سیسـتم‌های عصبی زیستی الهام گرفته شـده‌اند (۱۱). این شبکه‌ها برای مسـائل تشـخیص، طبقه‌بندی، و پیش‌بینی اسـتفاده می‌شـوند کـه در آن‌ها روابـط به طـور معمول به صورت غیرخطی اسـت. شـبکهٔ عصبـی مصنوعی متشـکل از شبکه‌های به هم پیوسـته‌ای از واحدهای پردازشگر است که اساس آن شبیه ساختار مغز انسان اسـت. پس از تنظیم یا همان آموزش شبکهٔ عصبی، اعمال ورودی خاصی به آن دریافت پاسخ خاصی را به دنبال دارد. شـبکه بر مبنای تطابق و هم‌سنجی بین ورودی و هدف سـازگار می‌شـود تا اینکه خروجی شبکه و هدف بر یکدیگر منطبق شوند (۳).

انـواع مختلفی از شـبکه‌های عصبـی مصنوعی با توجـه به اهـداف تحقیق اسـتفاده می‌شـوند که یکی از معروف‌ترین آن‌ها، شـبکهٔ عصبی چند لایهٔ پیشـخور[1] (MFNN) است. این نوع شبکه، مثالی از شـبکهٔ عصبی آموزش داده با اسـتفاده از ناظر است که به دلیل کاربردهای گسـترده در بسـیاری از ابعاد مسائل مدیریتی- مانند پیش‌بینی اصولی، طبقه‌بندی، و مدل‌سازی- بسـیار محبوب است. MFNN برای حل مسـائلی از جمله یادگیری ارتباط بین مجموعهٔ ورودی و خروجـی مشـخص مناسـب اسـت. در حقیقـت، یکـی از روش‌های آموزش بـا ناظر برای یادگیری ارتبـاط بین داده‌ها با اسـتفاده از مجموعه داده‌های آموزش اسـت (۶). در ایـن مدل بدون در نظر گرفتـن معادلات پیچیـدهٔ غیرخطـی، می‌توان

1. Multilayer Feedforward Neural Network

www.SID.ir
Archive of SID

دینامیک حاکم بر سیستم را استخراج کرد و از این طریق خروجی مدل را پیش‌بینی نمود. روش‌های آمار سنتی قادر به این کار نیستند و شبکهٔ عصبی مصنوعی روشی جایگزین برای این گونه موارد استفاده می‌شود.

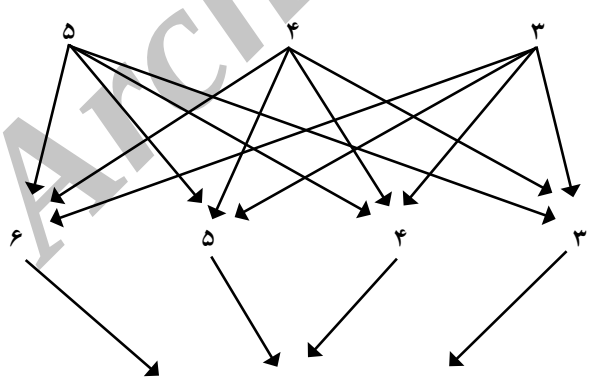
با توجه به اینکه رابطهٔ بین حجم (ست×تکرار) تمرینی و میزان افزایش قدرت بیشینه رابطه‌ای غیرخطی است، ضرورت استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در این مطالعه، پیش‌بینی پاسخ‌های مربوط به برخی ست‌ها و تکرارهای حذف شده است. ورودی شبکه در تحقیق حاضر، ست‌ها و تکرارهایی‌اند که به شکل متنوعی با یکدیگر ترکیب شده‌اند و خروجی آن شامل تغییرات قدرت بیشینه، درصد چربی و تودهٔ بدون چربی بدن است. با استفاده از این روش می‌توان مسئلهٔ صرفه‌جویی در زمان و انرژی، همچنین مسئلهٔ حجم بهینه (بهترین تکرار و ست) در کسب بیشترین فواید قدرتی را حل کرد. با توجه به مطالب بیان شده هدف از انجام این تحقیق عبارت است از بهینه‌سازی حجم تمرین مقاومتی به منظور بهبود قدرت بیشینه با کمک شبکهٔ عصبی مصنوعی.

روش‌شناسی

نحوهٔ ترکیب ست‌ها و تکرارها

در تحقیق حاضر، دامنه‌ای از ست‌ها و تکرارها به قرار زیر بود: سه، چهار و پنج ست؛ سه، چهار، پنج و شش تکرار بیشینه (۱۳). این ست‌ها و تکرارها به شکل زیر با یکدیگر ترکیب شدند و دوازده گروه را تشکیل دادند.

این دوازده گروه عبارت بودند از گروه سه ست با سه تکرار بیشینه، گروه سه ست با چهار تکرار بیشینه، گروه سه ست با پنج تکرار بیشینه، گروه سه ست با شش تکرار بیشینه، گروه چهار ست با سه تکرار بیشینه، گروه چهار ست با چهار تکرار



www.SID.ir
Archive of SID

بیشینه، گروه چهار ست با پنج تکرار بیشینه، گروه چهار ست با شش تکرار بیشینه، گروه پنج ست با سه تکرار بیشینه، گروه پنج ست با چهار تکرار بیشینه، گروه پنج ست با پنج تکرار بیشینه، و گروه پنج ست با شش تکرار بیشینه.

از این میان، گروه‌های سه ست با پنج تکرار بیشینه، چهار ست با سه تکرار بیشینه، چهار ست با پنج تکرار بیشینه، و پنج ست با چهار تکرار بیشینه از دامنهٔ ست‌ها و تکرارهای فرضی حذف شدند (حداکثر تعداد گروه‌هایی که می‌شد حذف کرد). معمولاً در شبکه‌های عصبی سعی می‌شود داده‌های مرزی حفظ شود و اگر حذفی می‌خواهد انجام شود از داده‌های میانی انجام شود، بنابراین در این تحقیق این گروه‌ها که گروه‌های میانی محسوب می‌شدند (نه سه ست سه تکراری یا پنج ست شش تکراری یا پنج ست پنج تکراری یا سه ست چهار تکراری) حذف شدند تا با کمک گروه‌های دیگر بازسازی شوند تا شبکهٔ عصبی مصنوعی بتواند بر مبنای تطابق و هم‌سنجی پاسخ این گروه‌ها را پیش‌بینی کند. هشت گروه باقیمانده گروه‌های تجربی در نظر گرفته شدند.

جامعه و نمونهٔ آماری

جامعهٔ آماری این پژوهش عبارت بود از تمامی دانشجویان دانشگاه حکیم سبزواری که واحد تربیت بدنی ۱ و ۲ را در سال تحصیلی ۹۰-۱۳۸۹ انتخاب کرده بودند. از این میان ۱۲۰ نفر به صورت نمونهٔ در دسترس انتخاب شدند و به صورت تصادفی در هشت گروه تمرینی قرار گرفتند. پس از انصراف و ریزش برخی آزمودنی‌ها ۹۴ نفر تا انتهای هشت هفتهٔ تمرینی باقی ماندند.

روش انجام تحقیق و نحوهٔ گردآوری اطلاعات

روش تحقیق حاضر از لحاظ هدف کاربردی و از حیث روش از نوع نیمه‌تجربی بود. در ابتدا، پس از توضیح روش کار، از آزمودنی‌ها برای شرکت در پژوهش رضایت‌نامهٔ کتبی اخذ شد و با توجه به پرسشنامهٔ پزشکی و پرسشنامهٔ آمادگی برای شروع فعالیت بدنی از افرادی که سابقهٔ بیماری، مصرف دارو و سیگار، همچنین فعالیت ورزشی منظم در یک سال قبل داشتند صرف‌نظر شد و افراد مناسب که علاقه و توانایی بدنی لازم برای شرکت در تمرین مقاومتی را دارا بودند برای پژوهش انتخاب شدند (تمام این موضوعات با کمک پرسشنامه و سؤال‌های مرتبط بررسی شد). سه هفته قبل از شروع تمرینات، با توجه به برنامهٔ زمان‌بندی طرح تحقیق، اندازه‌های آنتروپومتری شامل قد، وزن، درصد چربی، تودهٔ بدون چربی، و شاخص تودهٔ بدن آزمودنی‌ها گرفته شد. سپس، چهار جلسه برای آشنایی با تمرینات مقاومتی در نظر گرفته شد. در این جلسات نحوهٔ صحیح اجرای حرکات با وزنه، نحوهٔ صحیح تنفس حین اجرای حرکات مقاومتی، عضلات اصلی درگیر در هر حرکت و آسیب‌های احتمالی حین انجام اشتباه حرکات، همچنین اجرای برنامهٔ ورزش مقاومتی مورد نظر شامل تعداد ایستگاه‌ها، نوع حرکات، زمان استراحت بین ایستگاه‌ها، زمان استراحت بین ست‌ها، تعداد ست‌ها و تعداد حرکات آزمودنی‌ها توضیح داده شد. در جلسه‌ای مجزا یک تکرار بیشینهٔ حرکات

Archive of SID
www.SID.ir

پرس سینه و پرس پا برای هر آزمودنی مشخص شد. آنگاه ۹۴ آزمودنی به طور تصادفی در هشت گروه تمرینی قرار گرفتند.

در جلسهٔ اصلی برای کنترل تعداد حرکات، ست‌ها و زمان استراحت بین حرکات و ست‌ها، هر گروه در اختیار یک یا دو دانشجوی رشتهٔ تربیت بدنی قرار گرفت که در زمینهٔ تمرینات قدرتی مجرب و آموزش‌دیده بودند. زمان‌های تمرین در هر گروه از قبل تعیین شد، به طوری که چهار گروه در روزهای شنبه و سه‌شنبه و چهار گروه بعدی در روزهای دوشنبه و چهارشنبه به تمرین می‌پرداختند. پس از اتمام دورهٔ تمرین دوباره از آزمودنی‌ها آزمون یک تکرار بیشینه (۱RM) گرفته شد. همچنین، مقادیر درصد چربی و تودهٔ بدون چربی آن‌ها نیز اخذ شد.

پروتکل تمرین مقاومتی

جلسات اصلی تمرین مقاومتی در هشت هفتهٔ متوالی و هر هفته دو جلسه و در روزهای از پیش تعیین شده برگزار شد. تمرینات شامل حرکات پرس سینه، پرس پا با دستگاه، حرکت زیر بغل قایقی و پشت پای خوابیده با دستگاه بود که در جلسه‌ای مجزا ۱RM پرس سینه نمایندهٔ عضلات بالاتنه و پرس پا نمایندهٔ عضلات پایین‌تنه برای هر آزمودنی تعیین شد. برنامهٔ تمرین در هر جلسه شامل ده دقیقه گرم کردن عمومی، برنامهٔ تمرین اصلی و ده دقیقه سرد کردن بود. در پایان هر هفته اگر آزمودنی حرکت را بیش از تکرارهای پیش‌بینی شده اجرا می‌کرد، بار (وزنه) افزایش می‌یافت تا فرد به همان تکرارهای قبلی برسد و به این شکل اصل اضافه‌بار رعایت می‌شد.

هر گروه ست‌ها و تکرارهای مربوط به خودش را انجام می‌داد. وهله‌های استراحتی بین ست‌ها سه دقیقه و بین ایستگاه‌ها پنج دقیقه در نظر گرفته شد (۳۱). در انتها آزمون ۱RM از آزمودنی‌ها گرفته شد. همچنین، مقادیر درصد چربی و تودهٔ بدون چربی آن‌ها نیز اخذ شد.

روش اندازه‌گیری متغیرها

روش تعیین یک تکرار بیشینه. ابتدا وزنه‌ای به طور تخمینی حدود ۴۰ تا ۶۰ درصد یک تکرار بیشینه با توجه به تمرین‌های جلسهٔ آشنایی برای هر فرد در نظر گرفته شد، به‌طوری که آزمودنی قادر به انجام چند تکرار بود. بعد از استراحت به مدت سه دقیقه، وزنه اضافه شد و در صورتی که قادر به انجام چند تکرار بود، تمرین متوقف و حدود ۵–۱۰ درصد به وزنه‌ها افزوده می‌شد، تا اینکه آزمودنی قادر به انجام فقط یک تکرار برای حرکت می‌شد. در این زمان، میزان وزنهٔ جابه‌جا شده در یک حرکت صحیح رکود ۱RM شخص ثبت شد (۱).

روش تعیین پایایی یک تکرار بیشینه. در جلسهٔ بعد از تعیین ۱RM، در پیش‌آزمون و پس‌آزمون، از تمام آزمودنی‌ها مجدداً آزمون ۱RM گرفته شد. پس از اتمام نتایج، دو مرحله مقایسه شد و پایایی بالای ۰/۹۵ (ICC>۰/۹۵) برای هر دو آزمون مشاهده شد.

درصد چربی بدن و وزن بدون چربی. با استفاده از دستگاه تحلیل ترکیب بدن مدل BS۳۰۰۳۷۶E ساخت کرهٔ جنوبی، درصد چربی و وزن بدون چربی

www.SID.ir

اندازه‌گیری شد.

روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

از آمـار توصیفـی بـرای بـرآورد میانگین و انحراف اسـتاندارد اسـتفاده شـد و تجزیه تحلیل داده‌ها بـا اسـتفاده از تحلیل واریانـس یک‌طرفه (ANOVA) و شـبکه‌های عصبی مصنوعی و در قالب نرم‌افزارهای spss و Matlab انجام شد. با نوشتن برنامه‌ای در M-File نرم‌افزار Matlab، ورودی‌ها و خروجی‌ها در قالب ماتریس به شـبکه اعمـال و پیش‌بینـی تغییرات قـدرت، وزن بدون چربی و درصد چربـی مربوط به گروه‌های حذف شـده‌محقق‌شـد.

روش طراحی شبکهٔ عصبی مصنوعی

با توجه به اینکه در بیشـتر مطالعات انجام شده با کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی از شبکه‌های چند لایهٔ پیشـخور با قوانین الگوریتم یادگیری پس‌انتشار خطا استفاده شده است (۶)، در این تحقیق نیز از این روش استفاده شد. به همین منظور نرم‌افزار Matlab Toolbox به کار رفت.

ورودی‌ها وخروجی‌های شبکه

ورودی‌هـا در این تحقیق سـت‌ها و تکرارهای مربـوط به گروه‌هـای تجربـی بودند که به شـکل ماتریس ۸×۲ به شبکه اعمال شد. خروجی‌های شبکه عبـارت بودند از تغییـرات قدرت در پرس سـینه و پرس پا، وزن بدون چربـی بدن و درصد چربی بدن در گروه‌های تجربی که در سـه مورد اول داده‌ها به درصد تبدیل و نرمال‌سازی شدند.

معماری شبکه

در تعیین معماری شـبکه، از روش سـعی و خطا استفاده شـد که طی آن لایه‌های پنهان و نورون‌های مربوط به شـبکهٔ بهینه تعیین شـد. شـبکهٔ اسـتفاده شـده در تحقیق حاضر، با لایهٔ میانـی (پنهان) و لایهٔ خروجی خطی طراحی شـد، که سـه نورون در لایهٔ اول (پنهـان) و یک نورون در لایـهٔ دوم (خروجی) استفاده شد. تابع انتقال لایهٔ اول tansig و تابع انتقال لایهٔ دوم purelin در نظر گرفته شد و تابع آموزش trainlm در این شبکه به کار رفت. ساختار شبکه برای هر کدام از متغیرها یکسان بود، ولی خروجی‌ها برای هر کدام از شبکه‌ها متفاوت بود.

سنجش میزان یادگیری و عملکرد شبکه

منظـور از میزان یادگیری و عملکرد شـبکه این است که شـبکه تا چه حد قادر است به ورودی‌های آموزش داده شـده و به ورودی‌های جدیدی که در دسـتهٔ آموزش نیسـتند جواب قابل قبول دهد که از طریق پارامترها و روش‌های مختلفی سنجیده می‌شود. با توجه به ماهیت تحقیق، سـنجش میزان یادگیری و عملکرد شـبکه از طریق تعیین میزان خطای مطلوب (Error Gold) برای همگرا شدن شبکه محقق شد که از روش سعی و خطا به‌دست آمد.

یافته‌ها

یافته‌های مطالعهٔ حاضر مربوط به دو دسته از نتایج است. دسـتهٔ اول نتایج گروه‌های تجربی (گروه‌های حقیقی و دارای داده) و دسـتهٔ دوم نتایج گروه‌هایی اسـت که شـبکهٔ عصبی مصنوعی آن‌ها را پیش‌بینی

www.SID.ir
Archive of SID

کرده است (گروه‌های مجازی و عدم وجود داده). با توجه به اینکه نتیجه‌گیری تحقیق حاضر بر اساس نتایج به دست آمده از همهٔ گروه‌هاست (هم تجربی و هم مجازی)، لذا نمی‌توان داده‌ها را با کمک آزمون‌های آماری با یکدیگر مقایسه کرد. بدین ترتیب، نتایج تحقیق حاضر بر اساس اینکه کدام گروه‌ها بهترین عملکرد (بیشترین درصد) را داشته‌اند بحث می‌شود.

با استفاده از آمار توصیفی میانگین سن، قد، وزن، BMI، تودهٔ بدون چربی و درصد چربی بدن آزمودنی‌ها در گروه‌های تجربی محاسبه شد و روش آماری ANOVA برای مقایسهٔ گروه‌های حقیقی در این متغیرها به کار رفت و همگنی گروه‌ها تأیید گردید (جدول ۱).

نتایج به دست آمده از گروه‌های تجربی

همان‌طور که در جدول ۲ ارائه شده، تحلیل داده‌ها در گروه‌های تجربی نشان داد گروه چهار ست چهار تکرار بیشینه با ۲۷/۲۷ درصد افزایش بیشترین قدرت بیشینه را در بالاتنه (پرس سینه) کسب کرد، و گروه پنج ست شش تکرار بیشینه با ۴۴/۲۴ درصد افزایش بیشترین قدرت بیشینه را در پایین‌تنه (پرس پا)، با ۱/۷۸ درصد افزایش بیشترین وزن بدون چربی، و با ۲/۲ درصد کاهش بیشترین کاهش درصد چربی را کسب کرد.

پیش‌بینی شبکهٔ عصبی مصنوعی

در این تحقیق برای پیش‌بینی تغییرات قدرت در پرس سینه و پرس پا، همچنین پیش‌بینی تغییرات تودهٔ بدون چربی بدن و درصد چربی بدن در ست‌ها و تکرارهای حذف شده (شامل گروه‌های سه ست با پنج تکرار بیشینه، چهار ست با سه تکرار بیشینه، چهار ست با پنج تکرار بیشینه و پنج ست با چهار تکرار بیشینه) از معماری‌های متفاوتی در شبکه استفاده شد که در نهایت شبکهٔ بهینه برای پیش‌بینی مطلوب به دست آمد.

عملکرد شبکه و ارزیابی آن

در تحقیق حاضر عملکرد شبکه با توجه به epoch=۵۰ و error gold=۱۰-۷ ارزیابی شد که برای همگرا شدن شبکه در نظر گرفته شدند. در جدول ۳ میزان خطا و تکرار محاسباتی (epoch) ارائه شده که در هر بار آموزش شبکه برای همگرا شدن آن به دست آمده است.

نتایج حاصل از پیش‌بینی شبکه

با توجه به اینکه شبکهٔ پس انتشار چند لایه با تعداد نورون‌های مناسب هر تابعی را پیاده‌سازی می‌کند، همواره وزن‌های درست را برای پاسخ بهینه نمی‌یابد. یکی از راه‌حل‌های پیشنهاد شده برای این موضوع این است که دوباره شبکه را ایجاد کنیم و دوباره آن را چندین بار آموزش دهیم تا تضمین شود بهترین جواب را یافته‌ایم (۵). در این تحقیق، برای این منظور، شبکه چندین بار ایجاد شد و آموزش دید تا پیش‌بینی دقیق‌تری انجام شود.

همان‌طور که در جدول ۴ ارائه شده است، مقادیر مربوط به میانگین مقادیری است که بعد از چندین بار آموزش شبکه به دست آمده است.

در نهایت همان‌طور که در جدول ۵ نتایج مربوط

www.SID.ir
Archive of SID

جدول ۱. خصوصیات آنتروپومتری و فیزیولوژیایی آزمودنی‌ها در حالت پایه

ویژگی‌ها / گروه‌ها	گروه اول (۳×۳)	گروه دوم (۳×۴)	گروه سوم (۳×۶)	گروه چهارم (۴×۴)	گروه پنجم (۴×۶)	گروه ششم (۵×۳)	گروه هفتم (۵×۵)	گروه هشتم (۵×۶)	P بین گروهی
سن (سال)	۲۱/۱±۱/۱	۲۲±۱/۶	۲۲/۲±۱/۳	۲۲/۲±۱/۰۳	۲۲/۴±۱/۲	۲۱/۵±۰/۷	۲۱/۸±۱/۳	۲۲/۴±۰/۸	۰/۶۱
قد (سانتی‌متر)	۱۷۳/۸±۷	۱۷۲/۷±۶	۱۷۱±۱۰	۱۷۵/۳±۲	۱۷۳/۷±۴	۱۷۴±۵	۱۷۶±۸	۱۷۳/۳±۷	۰/۷۶
وزن(کیلوگرم)	۶۲/۷±۹/۴	۶۲/۶±۱۱/۱	۶۷/۴±۱۰/۸	۶۹/۷±۱۴/۱	۶۲/۱±۸/۷	۶۵/۶±۱۰/۶	۷۰/۹±۷/۲	۶۹/۳±۱۴	۰/۲۶
BMI (کیلوگرم بر مجذور متر)	۲۱/۵±۳/۸	۲۰/۷±۳/۲	۲۲/۶±۳/۵	۲۲/۵±۳/۶	۲۱±۲/۹	۲۱/۸±۳/۴	۲۲/۵±۲/۶	۲۲/۹±۴/۳	۰/۶۹
تودهٔ بدون چربی (کیلوگرم)	۵۲/۹±۵/۸	۵۴/۵±۷	۵۵/۸±۶/۲	۵۹/۸±۷/۳	۵۵±۵/۳	۵۵/۸±۵/۴	۵۹/۷±۵/۳	۵۶±۷/۶	۰/۱۵
درصد چربی	۱۵/۵±۴/۷	۱۳/۸±۵/۵	۱۶/۸±۶	۱۴/۳±۵/۸	۱۲/۵±۴/۲	۱۴/۶±۶/۱	۱۶/۲±۵	۱۸/۵±۶/۷	۰/۳۴

* معنی‌دار در سطح ۰/۰۵

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲. درصد تغییرات قدرت پرس سینه، پرس پا، تودهٔ بدون چربی، وتغییرات درصد چربی در هشت گروه تجربی

متغیرها / گروه‌ها	پرس سینه (↑٪)	پرس پا (↑٪)	درصد چربی (↓)	تودهٔ بدون چربی (↑٪)
گروه (۳×۳)	۲۳/۲۶	۳۵/۷۰	۲/۱	۱/۷۵
گروه (۳×۴)	۲۲/۷۲	۳۸/۰۳	۱/۴	۰/۶۲
گروه (۳×۶)	۲۰/۰۳	۲۶/۵۰	۱/۵	۰/۵۸
گروه (۴×۴)	۲۷/۲۷	۴۰/۲۱	۱/۷	۰/۱۸
گروه (۴×۶)	۲۱/۸۳	۴۱/۹۷	۰/۸۵	۰/۹۸
گروه (۵×۳)	۱۰/۵۴	۳۵/۵۴	۱/۲	۱/۵
گروه (۵×۵)	۲۶/۱۵	۴۲/۱۹	۱/۸	۰/۳۸
گروه (۵×۶)	۲۱/۷۸	۴۴/۲۴	۲/۲	۱/۷۸

به درصد تغییرات قدرت پرس سینه، پرس پا، تودهٔ بدون چربی، همچنین تغییرات درصد چربی هشت گروه تجربی و چهار گروه پیش‌بینی شده در شبکه ارائه شده است، از بین دوازده گروه، گروه چهار ست با چهار تکرار بیشینه با ۲۷/۲۷ درصد افزایش بیشترین قدرت بیشینه را در بالاتنه (پرس سینه) کسب کرد؛ و گروه پنج ست با شش تکرار بیشینه با ۴۴/۲۴ درصد افزایش بیشترین قدرت بیشینه را در پایین‌تنه (پرس پا)، با ۱/۷۸ درصد افزایش بیشترین وزن بدون چربی، و با ۲/۲ درصد کاهش بیشترین کاهش درصد چربی را کسب کرد.

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های مطالعهٔ حاضر نشان داد، عضلات پایین‌تنه در قدرت 1RM پرس پا، به پروتکل تمرینی با حجم بالا (5×6RM)، در مقایسه با پروتکل‌های

www.SID.ir
Archive of SID

جدول ۳. میزان خطا و تکرارمحاسبات بعد از آموزش شبکه

متغیرها	میزان خطا	تکرار محاسبات (epoch)
پرس سینه	$۴/۷۵\times۱۰^{-۱۰}$	۲۹
پرس پا	$۲/۴۳\times۱۰^{-۱۰}$	۱۳
درصدچربی	$۳/۰۹\times۱۰^{-۱۱}$	۴۰
تودهٔ بدون چربی	$۳/۸۲\times۱۰^{-۱۱}$	۳۶

تمرینی دیگر، در مرحلهٔ ابتدایی تمرین مقاومتی پاسخ بهتری می‌دهد. در حالی که گروه تمرینی ۴×۴RM در کسب قدرت عضلات بالاتنه نتایج بهتری را از خود نشان داد. با توجه به اینکه در این تحقیق سایر متغیرهای تمرینی مانند زمان استراحت بین ست‌ها، انتخاب و نوع حرکات، وضعیت تمرینی افراد و جزآن کنترل شده بود، این احتمال وجود دارد که بهبود قدرت در نتیجهٔ تحریک مؤثر حجم تمرین (ست×تکرار) در عضلات به وجود آمده باشد. با توجه به نتایج تحقیق حاضر، احتمال دارد عضلات بالاتنه به حجم تمرینی کمتری نیاز داشته باشند، در حالی که عضلات پایین‌تنه به پروتکل‌هایی با حجم بالای تمرین پاسخ مطلوب‌تری می‌دهند.

رونستاد و همکارانش (۳۹) ۲۱ مرد جوان را به طور تصادفی در دو گروه تمرینی قرار دادند. گروه اول تمرینات را سه ست در پایین‌تنه و یک ست در بالاتنه انجام می‌دادند. گروه دوم تمرینات را سه ست در بالاتنه و یک ست در پایین‌تنه انجام می‌دادند. دورهٔ تمرینی به مدت یازده هفته و هر هفته سه روز به طول انجامید. تعداد تکرارها بین ۷ و ۱۰ تکرار بیشینه متغیر بود.

در پایان دورهٔ تمرینی، میزان افزایش قدرت بیشینه در پایین‌تنه در گروه اول به طور معناداری بیشتر بود، در حالی که اختلافی در کسب قدرت بیشینه در بالاتنه بین گروه‌ها وجود نداشت. محققان در توضیح اختلافات به وجود آمده این گونه اظهار داشتند که عضلات پایین‌تنه را تا حد زیادی بیش از عضلات بالاتنه در فعالیت‌های روزانهٔ خود به کار می‌بریم. به همین دلیل برخی پتانسیل‌های رشدی در عضلات پا ممکن است قبلاً از طریق همین فعالیت‌های روزانه، به مقدار کافی توسعه یافته باشند. این بدان معناست که این عضلات نسبت به عضلات بالاتنه در افراد تمرین نکرده بهتر تمرین دیده‌اند. بنابراین، به نظر می‌رسد عضلات تمرین دیده فواید

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ٤. درصد تغییرات قدرت پرس سینه، پرس پا، تودهٔ بدون چربی و تغییرات درصد چربی در چهار گروه پیش‌بینی شده

متغیرها / گروه‌ها	پرس سینه (٪↑)	پرس پا (٪↑)	درصد چربی (↓)	تودهٔ بدون چربی (٪↑)
گروه (۵×۳)	۲۱/۴	۳۵/۳	۱/۳۸	۰/۲۲
گروه (۳×۴)	۲۲/۵	۳۴/۸	۱/۴۳	۱/۵
گروه (۵×۴)	۲۳/۴	۴۲/۷۸	۱/۱	۰/۲۵
گروه (۴×۵)	۲۷/۰۳	۳۸/۱۶	۱/۳	۰/۲۳

قدرتی را از تمرینات مقاومتی با حجم بالا، نسبت به عضلات تمرین نکرده، کسب نمایند (۸،۳۲،۳۵،۳۶).

پالسن و همکارانش (۳۱) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. یافته‌های مطالعات رابینز و همکارانش (۳۸) و مارشال و همکارانش (۲۹) نیز با یافته‌های تحقیق حاضر همسوست.

موضوع دیگری که می‌توان از آن برای توضیح این امر استفاده کرد که چرا تمرینات با حجم بالا نسبت به دیگر پروتکل‌ها فواید قدرتی بیشتری در عضلات پایین‌تنه دارند، اختلافات در سازگاری‌های عصبی حاصل از انجام تمرینات مقاومتی است (۲۱). به دنبال فعالیت منظم ورزشی و شرکت در برنامه‌های تمرین مقاومتی، عضلات اسکلتی بدن بسته به عوامل مختلف به لحاظ ساختاری دچار تغییراتی می‌شوند (از قبیل هایپرتروفی). مهم‌تر از تغییرات عضلانی، سازگاری‌هایی است که در دستگاه عصبی به وجود می‌آید و ماهیت بسیاری از آن‌ها ناشناخته است (۴). البته شایان ذکر است که در این مطالعه سازگاری‌های عصبی مانند تغییرات در فعالیت‌های الکتریکی عضله را اندازه‌گیری نکردیم، لیکن نمی‌توان این موضوع را توضیح ممکن برای اختلافات به وجود آمده بین گروه‌ها نادیده گرفت.

شیلد و ژآو (۴۰) در بازنگری خود نتیجه‌گیری کردند آزمودنی‌های تمرین نکرده‌ای که در تمرینات خود از حرکات ساده استفاده کرده‌اند فعال‌سازی الکتریکی ناچیزی در عضلات داشتند. با توجه به اینکه اکثر حرکات انجام شده در تحقیق حاضر با دستگاه انجام شد و دامنهٔ حرکات خطی و با درگیری کم بود (۳۹)، می‌توان حرکات انجام شده در این مطالعه را حرکات ساده تلقی کرد.

شاید موضوع سازگاری‌های عصبی در حرکات ساده و در تحقیق حاضر نسبتاً محدود باشد، ولی

www.SID.ir
Archive of SID

این احتمال وجود دارد که اختلافات موجود در سازگاری‌های عصبی توضیح‌دهنده بخشی از برتری پروتکل تمرینی با حجم بالا نسبت به حجم پایین در کسب فواید قدرتی عضلات پایین تنه باشد. همان طور که عنوان شد در این مطالعه، سازگاری‌های عصبی اندازه‌گیری نشد، بنابراین نمی‌توان در مورد اینکه سیستم عصبی- عضلانی از طریق چه سازوکاری باعث به وجود آمدن این اختلافات قدرت در پایین‌تنه و بالاتنه شده است اظهار نظر کرد.

رونستاد و همکارانش (۳۹) اختلافات ذاتی عضلات بالاتنه و پایین‌تنه را یکی از موارد توضیح‌دهندهٔ اختلافات به وجود آمده در قدرت نام بردند. برای مثال، ظرفیت گیرنده‌های آندروژن در عضلات بالاتنه، نسبت به عضلات پایین‌تنه، بیشتر است (۲۴). این موضوع ممکن است باعث به وجود آمدن این فرضیه شود که عضلات پایین‌تنه تا حد زیادی وابسته به حجم تمرینی‌اند که بر اثر عدم فراتنظیمی گیرنده‌های آندروژن در مقایسه با عضلات بالاتنه به وجود آمده است (۳۹).

کرامر (۲۸) پیشنهاد کرد که اختلافات در افزایش قدرت و ترکیب بدن بین گروه‌هایی که از پروتکل‌های تمرینی با حجم‌های متفاوت استفاده کرده‌اند در نتیجهٔ پاسخ‌های متفاوت هورمونی به پروتکل‌های تمرینی است.

در تحقیق حاضر، تغییرات هورمونی اندازه‌گیری نشد، ولی با توجه به اینکه حجم کل تمرین در گروه‌ها (هم گروه‌های تجربی و هم گروه‌های پیش‌بینی شده در شبکه) متفاوت بود، لذا عامل تأثیرگذار بر اختلافات به وجود آمده در قدرت و ترکیب بدن محسوب می‌شوند. در رابطه با افزایش قدرت، بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند تمرینات با حجم بالا، باعث افزایش معنادار در سطوح تستوسترون (۳۴) و هورمون رشد (۲۳) خواهند شد (۲۶)، بنابراین امکان دارد هایپرتروفی به واسطهٔ تغییرات در این هورمون‌ها باشد و سبب افزایش قدرت شود؛ لیکن نمی‌توانیم امکان این موضوع را نادیده بگیریم که افزایش غلظت هورمون‌های آنابولیک به واسطهٔ انجام تمرین با حجم بالا، ممکن است باعث افزایش قدرت هم در عضلات بالاتنه و هم در عضلات پایین‌تنه شده باشد.

این موضوع نشان می‌دهد اگر پروتکل تمرینی با حجم بالا سبب افزایش هورمون‌های آنابولیک و در نتیجه افزایش قدرت شود، این افزایش قدرت هم در عضلات بالاتنه و هم در عضلات پایین‌تنه رخ خواهد داد، لذا نتایج به دست آمده در بالاتنه در تحقیق حاضر با این موارد توجیه نمی‌شود. در رابطه با اختلافات به وجود آمده در قدرت بالا و پایین‌تنه، نتایج تحقیقات کانون و مارینو (۱۵)، فایگن باوم (۱۷)، گنزالز و همکارانش (۱۹)، و هریس و همکارانش (۲۰) با نتایج تحقیق حاضر همسو نیست.

در رابطه با افزایش وزن بدون چربی و کاهش درصد چربی در گروه با حجم بالا، می‌توان گفت با توجه به اینکه در این گروه شدت تمرین در مقایسه با سایر پروتکل‌ها کمتر و تعداد تکرارها بیشتر بود، شاید این امر باعث بهبود استقامت در این گروه شده باشد. این امر باعث سازگاری در افزایش فعالیت آنزیم‌های بتا اکسایش می‌شود و ظرفیت اکسایش لیپید افزایش می‌یابد. در نتیجه، چربی منبع تأمین انرژی استفاده می‌شود (۲) و از درصد چربی بدن کم می‌شود. اما از آنجا که وزن بدن در این گروه تغییر

www.SID.ir
Archive of SID

جدول ۵. درصد تغییرات قدرت پرس سینه، پرس پا، تودهٔ بدون چربی و تغییرات درصد چربی هشت گروه تجربی و چهار گروه پیش‌بینی شده در شبکه

متغیرها / گروه‌ها	پرس سینه (٪↑)	پرس پا (٪↑)	درصد چربی (↓)	تودهٔ بدون چربی (٪↑)
گروه (۳×۳)	۲۳/۲۶	۳۵/۷۰	۲/۱	۱/۷۵
گروه (۳×۴)	۲۲/۷۲	۳۸/۰۳	۱/۴	۰/۶۲
گروه (۳×۵)	۲۱/۴	۳۵/۳	۱/۳۸	۰/۲۲
گروه (۳×۶)	۲۰/۰۳	۲۶/۵۰	۱/۵	۰/۵۸
گروه (۴×۳)	۲۲/۵	۳۴/۸	۱/۴۳	۱/۵
گروه (۴×۴)	۲۷/۲۷	۴۰/۲۱	۱/۷	۰/۱۸
گروه (۴×۵)	۲۳/۴	۴۲/۷۸	۱/۱	۰/۲۵
گروه (۴×۶)	۲۱/۸۳	۴۱/۹۷	۰/۸۵	۰/۹۸
گروه (۵×۳)	۱۰/۵۴	۳۵/۵۴	۱/۲	۱/۵
گروه (۵×۴)	۲۲/۵	۳۸/۱۶	۱/۳	۰/۲۳
گروه (۵×۵)	۲۶/۱۵	۴۲/۱۹	۱/۸	۰/۳۸
گروه (۶×۵)	۲۱/۷۸	۴۴/۲۴	۲/۲	۱/۷۸

www.SID.ir
Archive of SID

نکرد، ولی وزن بدون چربی در مقایسه با سایر گروه‌ها افزایش بیشتری یافت، احتمالاً پروتئین‌های ساختاری عضلات، بافت هم‌بند، و دیگر اجزای ساختاری عضلات مثل تار عضلانی، شبکهٔ سارکوپلاسمی، فیلامان‌های اکتین و میوزین در این گروه افزایش بیشتری یافته است (۷). در نتیجه، تودهٔ بدون چربی افزایش و درصد چربی بدن در این گروه کاهش بیشتری داشته است. به عبارتی، تمرینات مقاومتی با حجم بالا، با افزایش سوخت‌وساز و مصرف انرژی بیشتر، باعث کاهش درصد چربی بدن و افزایش تودهٔ عضلانی می‌شود (۲۲).

یافته‌های ما درخصوص درصد چربی و تودهٔ بدون چربی با یافته‌های کملر و همکارانش (۲۵)، مارکس و همکارانش (۳۰)، کرایمر و همکارانش (۲۷)، و باکر و همکارانش (۱۲) (۱۹۹۴) همسوست، ولی با نتایج مطالعهٔ رِآ و همکارانش (۳۷) همسو نیست.

در انتها می‌توان نتیجه‌گیری کرد که از بین ترکیبات متنوع ست‌ها و تکرارها در دامنهٔ کار شده در تحقیق حاضر، تمرین با پنج ست و شش تکرار بیشینه در کسب فواید قدرتی در عضلات پایین‌تنه، افزایش وزن بدون چربی، و کاهش درصد چربی نسبت به ترکیبات دیگر برتری دارد. در حالی که تمرین با چهار ست و چهار تکرار بیشینه در کسب فواید قدرتی در عضلات بالاتنه نسبت به ترکیبات دیگر بهتر بود. لذا، مربیان می‌توانند جهت کسب بهترین قدرت بیشینه به همراه ترکیب بدن مطلوب، برای افرادی که تصمیم به انجام این نوع تمرینات دارند این برنامهٔ تمرینی را تجویز نمایند.

Archive of SID
www.SID.ir

منابع

۱. براون، لی ،۱۳۸۸. برنامه‌ریزی تمرینات قدرتی، ترجمهٔ بهزاد نوشادی، خدمات نشر کیان رایانه سبز، تهران.

۲. رحمانی‌نیا، فرهاد؛ پورسهراب، میترا؛ وفا، منیژه ،۱۳۸۳، اثر یک برنامهٔ منتخب تمرین با وزنه بر ترکیب بدن و چربی زیرپوست زنان غیر ورزشکار، فصلنامهٔ المپیک، ش ۱ (۲۵): ۶۱- ۶۸.

۳. سدهی، مرتضی؛ محرابی، یدالله؛ کاظم‌نژاد، انوشیروان؛ جوهری‌مجد، وحید؛ حدائق، فرزاد ،۱۳۸۸، طراحی شبکهٔ عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی سندرم متابولیک و شاخص مقاومت به انسولین (HOMA-IR)، مجلهٔ علمی- پژوهشی دانشور پزشکی، سال هفدهم، ش ۸۵، ۲۹-۳۸.

۴. شیخ‌الاسلامی وطنی، داریوش؛ بهپور، ناصر؛ گایینی، عباسعلی ،۱۳۸۷،مقایسهٔ ویژگی‌های عصبی- عضلانی اندام‌پروران نخبه و مبتدی با افراد غیر ورزشکار، فصلنامهٔ المپیک، ش ۳(۴۳): ۶۶-۷۲.

۵. کیا، مصطفی ،۱۳۸۷، شبکه‌های عصبی در متلب، خدمات نشر کیان رایانه سبز، تهران.

۶. گرزی، علی؛ افسر، امیر؛ احسانی، محمد؛ محمدی، سردار؛ آذر، عادل؛ ایزدی، علیرضا ،۱۳۸۸،ف مدل‌سازی پیش‌بینی جایگاه تیم ملی فوتبال ایران در رده‌بندی فیفا با استفاده از شبکه‌های عصبی فازی». فصلنامهٔ المپیک، ش ۲(۴۶): ۱۱۴-۱۲۵.

۷. ویلمور، جک. اچ؛ کاستیل، دیوید الا،۱۹۹۴، فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی، ترجمهٔ ضیاء معینی، فرهاد رحمانی‌نیا، حمید رجبی، حمید آقاعلی‌نژاد، فاطمه سلامی. چاپ سوم، انتشارات مبتکران. تهران.

8. American College of Sports Medicine. Kraemer, W.J.; Writing Group Chairman. (2002). "Position Stand: Progression models in resistance training for healthy adults". Med Sci Sports Exerc, 34: 80-364.

9. American College of Sports Medicine (1998a). "Position Stand: Exercise and physical activity for older adults". Med Sci Sports Exerc, 30: 992-1008.

10. American College of Sports Medicine (1998b). "Position Stand: The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults". Med Sci Sports Exerc, 30: 975-991.

11. Anderson, A. (1995). An introduction to neural network. Cambridge, MA: MIT press. pp.795-851.

12. Baker, D.; Wilson, G.; Carlyon, R. (1994). "Periodization: The effect on strength of manipulating volume and intensity". J Strength CondRes, 8(4): 235-242.

13. Bird, S.P.; Tarpening, K,M.; Marino, F.E. (2005). "Designing resistance training programmers to enhance muscular fitness". J Sports Med, 35(10):841-851.

14. Campos, G.E.; Luecke, T.J.; Wendeln, H.K.; Toma, K.; Hagerman, F.C.; Murray, T.F. (2002). "Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones". J Applied Physiology, 88:50-60.

15. Cannon, J.; Marino, Fe (2010). "Early phase neuromuscular adaptations to high- and low-volume resistance training in untrained young and older women". J Sports Sciences, 28(14): 1505-1514.

16. Drinkwater, E.J.; Lawton, T.W.; McKenna, M.J.; Lindsell, R.P.; Hunt, P.H.; Pyne, D.B. (2007). "Increased number of forced repetitions does not enhance strength development with resistance training". J Strength

www.SID.ir
Archive of SID

CondRes, 21(3):841-847.

17. **Faigenbaum, A. (2005). "Early muscular fitness adaptations in children in response to two different resistance training regimens". J. Pediatric Exercise Science, 17: 237-248.**
18. **Fisher, J.; Steele, J.; Bruce-Lows, Smith D. (2011). "Evidence-based resistance training recommendations". J Med sport, 15(3): 147-162.**
19. **GonzaLez-Badillo, J.J.; Gorostiaga, E.M.; Arellano, R.L.; Izquierdo, M. (2005). "Moderate resistance training volume produces more favorable strength gains than high or low volumes during a short-term training cycle". J. Strength CondRes, 19(3): 689–697.**
20. **Harris, CH.; Debeliso, M.A.; Spitzer-Gibson, T.A.; Adams, K.J. (2004). "The effect of resistance training intensity on strength gain response in the older adult". J Strength CondRes,18 (4): 833-838.**
21. **Hass, C.J.; Feigenbaum, M.S.; Franklin, B.A. (2001). "Prescription of resistance training for healthy populations". J Sports Med, 31: 953-964.**
22. **Heyward, V.H. (1998). "Advanced fitness assessment exercise prescription. Champaign, IL New Mexico". J. Human Kinetics, pp. 46, 47, 50, 158.**
23. **Hoffman, J.R.; Im, J.; Rundell, K.W. (2003). "Effect of muscle oxygenation during resistance exercise on anabolic hormone response". Med Sci Sports Exerc, 35: 29-34.**
24. **Kadi, F.; Bonnerud, P.; Eriksson, A.; Thornell, L.E. (2000). "The expression of androgen receptors in human neck and limb muscles: Effects of training and self-administration of androgenic-anabolic steroids". Histochem Cell Biol, 113:25–29.**
25. **Kemmler, W.K.; Lauber, D.; Engelke, K.; Weineck, J. (2004). "Effects of single- vs. multiple-set resistance training on maximum strength and body composition in trained postmenopausal women". J. Strength CondRes, 18(4): 689-694.**
26. **Kraemer, W.J.; Ratamess, N.A. (2005). "Hormonal Responses and Adaptations to Resistance Exercise and Training". J. Sports Med, 35 (4): 339-361.**
27. **Kraemer, W.J.; Ratamess, N.; Fry, A.C.; Triplett-McBride, T.; Koziris, L.P.; Bauer, J.A., et al. (2000). "Influence of resistance training volume and periodization on physiological and performance adaptations in collegiate women tennis players". J Sports Med, 28: 626–633.**
28. **Kramer, J.B.; Stone, M.H.; O'bryant, H.S.; Conley, M.S.; Johnson, R.L.; Nieman, D.C.; Honeycutt, D.R.; Hoke, T.P. (1997). "Effects of single vs. multiple sets of weight training: Impact of volume, intensity, and variation". J. Strength CondRes, 11:143-147.**
29. **Marshall, P.W.M.; McEwen, M.; Robbins, D.W. (2011). "Strength and neuromuscular adaptation following one, four, and eightsets of high intensity resistance exercise in trained males [abstract]". J. Applied Physiology, 111(12): 3007-3016.**
30. **Marx, J.O.; Ratamess, N.A.; Nindl, B.C.; Gotshalk, L.A.; Volek, J.S.; Bush, J.A., et al. (2001). "Low-volume circuit versus high-volume periodized resistance training in women". J. Med Sci Sports exerc, 33:635-643.**
31. **Paulsen, G.; Myklestad, D.; Raastad, T. (2003). "The Influence of Volume of Exercise on Early Adaptations to Strength Training". J. Strength Cond Res, 17(1): 117-120.**
32. **Peterson, M.D.; Rhea, M.R.; Alvar, B.A. (2004). "Maximizing strength development in athletes: A meta-analysis to determine the dose-response relationship". J. Strength CondRes,18:377–382.**
33. **Pollock, M.L.; Franklin, B.A.; Balady, G.J.; Chaitman, B.l.; Fleg, J.l.; Fletcher, B., et al. (2000). "Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescription.**

Archive of SID
www.SID.ir

An advisory from the committee on exercise, rehabilitation, and prevention, council on clinical cardiology", American heart association, 1001: 823-833.

34. **Ratamess, N.A.; Kraemer, W.J.; Volek, J.S. (2005). "Effects of heavy resistance exercise volume on post-exercise androgen receptor content in resistance-trained men". J. Steroid Biochem Molec Biol, 93: 35-42.**
35. **Rhea, M.R.; Alvar, B.A.; Burkett, L.N.; Ball, S.D. (2003). "A meta-analysis to determine the dose response for strength development". J. Med Sci Sports exerc, 35: 456–464.**
36. **Rhea, M.R.; Brent, A.A.; Burkett, L.N. (2002a). "Single versus multiple sets for strength: A meta-analysis to address the controversy". Res Exerc Sport, 73:485–488.**
37. **Rhea, M.R.; Alvar, B.A.; Ball, S.D.; Burkett, L.N. (2002b). "Three sets of weight training superior to 1 set with equal intensity for eliciting strength". J. Strength CondRes, 16: 525–529.**
38. **Robbins, D.W.; Marshall, P.W.M.; McEwen, M. (2012). "The Effect of Training Volume on Lower-Body Strength [abstract]". J. Strength CondRes, 26 (1): 34-39.**
39. **Ronnestad, B.R.; Egeland, W.; Kvamme, N.H.; Refsnes, P.E.; Kadi, F.; Raastad, T. (2007). "Dissimilar effects of one- and three-set strength training on strength and muscle mass gains in upper and lower body in untrained subjects". J. Strength Cond Res, 21(1): 157-163.**
40. **Shield, A.; Zhou, A. (2004). "Assessing voluntary muscle activation with thetwitch interpolation technique". Sports Med, 34:253–267.**
41. **Tan, B. (1999). "Manipulating Resistance Training Program Variables to Optimize Maximum Strength in Men. A Review". J. Strength Cond Res, 13(3): 289–304.**
42. **Winett, R.A. (2004). "Meta-analyses do not support performance of multiple sets or higher volume resistance training". J. ExercPhysiol, 7: 10-20.**

Archive of SID

www.SID.ir