Journal of Arak University of Medical Sciences
Volume 26, Issue 6
February & March 2024

Research Article

The Effect of Resistance Training with Weights on Nerve Conduction Speed, Physical Fitness and Performance of Seven- to ten-year-old Gymnasts

Heshmatallah AliKarami [1], Saeedeh Tahmasebi [2], Mohammad Fathi [3], Raziyeh Rezaei [4,*]

[1] Ph.D. Student of Sport Physiology, Physical Education and Sport Sciences Department, Colleges of Humanity Sciences, Lorestan University Khorammabad, Iran
[2] Neurologist, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran
[3] Associate Professor, Physical Education and Sport Sciences Department, Colleges of Humanity Sciences, Lorestan University Khorammabad, Iran
[4] Assistant Professor, Physical Education and Sport Sciences Department, Colleges of Humanity Sciences, Lorestan University Khorammabad, Iran

*** Corresponding author:** Raziyeh Rezaei, Physical Education and Sport Sciences Department, Colleges of Humanity Sciences, Lorestan University Khorammabad, Iran. E-mail: rezaei.r@lu.ac.ir

DOI: 10.61186/jams.26.6.52

How to Cite this Article:
AliKarami H, Tahmasebi S, Fathi M, Rezaei R. The Effect of Resistance Training with Weights on Nerve Conduction Speed, Physical Fitness and Performance of Seven- to ten-year-old Gymnasts. *J Arak Uni Med Sci*. 2024;**26**(6):52-60. DOI: 10.61186/jams.26.6.52

Received: 13 Jun 2023
Accepted: 15 Apr 2024
Keywords:
Resistance Exercises
Nerve Conduction Speed
Tibial
Peroneal
Gymnastic Children
© 2024 Arak University of Medical Sciences

Abstract

Introduction: Resistance training (RT) is an important part of athletes' preparation exercises with the aim of strengthening physical fitness, creating neuro-muscular adaptations and improving sports performance. The aim of this study was to investigate the effect of resistance training with weights on nerve conduction speed and functional and skill indicators of seven- to ten-year-old gymnasts.

Methods: In this study, 24 children with two years of experience in gymnastics (age: 8.5±1.5 years, weight: 32.10±9.40 kg, height: 135±13 cm) voluntarily Participated. Subjects were randomly divided into two groups including gymnastics training and gymnastics training + resistance training with weights. And they trained for 10 weeks. During the research, one group did general gymnastics exercises, and the other group did resistance training with weights three times a week in addition to gymnastics exercises. Before and after the exercises, NCV test, Sargent's jump muscle power tests, agility of 9x4m back-and-forth run, Wells' flexibility, and performing half-back, half-turn and balance skills of Angel were performed. Independent t-test was used to analyze the data. And a significance level of $P<0.05$ was considered.

Results: The results showed that the NCV in the tibial and peroneal nerves increased significantly in the weight resistance training group compared to the general gymnastics training group. Also, muscle strength in Sargent's jump, agility in 4x9m back and forth running, and the performance of half-back and half-turn skills increased significantly ($P<0.05$). However, no significant change was observed in the flexibility with the Wells test ($P=0.870$) and execution of Angel's balance skill ($P=0.552$).

Conclusions: 10 weeks of resistance training with weights significantly increases neuromuscular adaptations, NCV, muscle power, agility, and implementation of half-back and half-varus skills in gymnast children.

Copyright © *2024 The Author(s); Published by Journal of Arak University of Medical Sciences. This is an open access article, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses /by-nc/4.0/) which permits others to copy and redistribute material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.*

مجله دانشگاه علوم پزشکی اراک
دوره ۲۶، شماره ۶، بهمن و اسفند ۱۴۰۲

مقاله پژوهشی

تأثیر تمرینات مقاومتی با وزنه بر سرعت هدایت عصبی، آمادگی جسمانی و عملکرد کودکان ژیمناست هفت تا ده سال

حشمت الله علی‌کرمی [۱]، سعیده طهماسبی [۲]، محمد فتحی [۳]، راضیه رضایی [۴،*]

[۱] دانشجوی دکترای فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی، دانشکده علوم انسانی دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران
[۲] پزشک متخصص مغز و اعصاب، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران
[۳] دانشیار فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی، دانشکده علوم انسانی دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران
[۴] استادیار فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران
* نویسنده مسئول: راضیه رضایی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران. ایمیل: rezaei.r@lu.ac.ir

DOI: 10.61186/jams.26.6.52

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۲

واژگان کلیدی:
تمرینات مقاومتی
سرعت هدایت عصبی
تیبیال
پرونئال
کودکان ژیمناست

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی اراک محفوظ است.

چکیده

مقدمه: تمرینات مقاومتی (RT) بخش مهمی از تمرینات آماده‌سازی ورزشکاران محسوب می‌شوند. هدف این مطالعه بررسی تأثیر تمرینات مقاومتی با وزنه بر سرعت هدایت عصبی و شاخص‌های عملکردی و مهارتی کودکان ژیمناست هفت تا ده سال بود.

روش کار: در این مطالعه نیمه تجربی، ۲۴ کودک ژیمناست (سن: ۱/۵±۸/۵ سال، وزن: ۹/۴۰±۳۲/۱۰ کیلوگرم، قد: ۱۳±۱۳۵ سانتی متر) به‌طور داوطلبانه شرکت کردند. آزمودنی‌ها به صورت تصادفی در دو گروه شامل تمرین ژیمناستیک و تمرین ژیمناستیک + تمرین مقاومتی با وزنه قرار گرفتند. و به مدت ۱۰ هفته به تمرین پرداختند. یک گروه تمرینات عمومی ژیمناستیک و گروه دیگر علاوه بر تمرینات ژیمناستیک به تمرین مقاومتی با وزنه پرداختند. قبل و بعد از تمرینات، آزمایش NCV، آزمون‌های توان عضلانی، چابکی، انعطاف‌پذیری و اجرای مهارت‌های نیم‌پشتک، نیم‌وارو و تعادلی فرشته انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون t مستقل استفاده شد. و سطح معناداری $P<0.05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: NCV اعصاب تیبیال (p=۰/۰۰۲) و پرونئال (p=۰/۰۰۳) همچنین توان عضلانی (p=۰/۰۱۸) چابکی(p=۰/۰۰۷) و اجرای مهارت‌های نیم‌پشتک (p=۰/۰۳۹) و نیم‌وارو(p=۰/۰۲۶) در گروه تمرین مقاومتی با وزنه نسبت به گروه تمرین عمومی ژیمناستیک به‌طور معناداری افزایش یافت. اما در انعطاف‌پذیری (p=۰/۸۷) و اجرای مهارت تعادلی فرشته(p=۰/۵۵۲) تغییر معناداری مشاهده نشد.

نتیجه گیری: ۱۰ هفته تمرین مقاومتی با وزنه NCV اعصاب تیبیال و پرونئال، توان عضلانی، چابکی و اجرای مهارت‌های نیم پشتک و نیم وارو را به‌طور معناداری افزایش می‌دهد. اما بر انعطاف‌پذیری و مهارت تعادلی فرشته در کودکان ژیمناست تأثیر معناداری ندارد.

مقدمه

تمرینات مقاومتی (Resistance Training: RT) به تمریناتی گفته می‌شوند که در برابر یک مقاومت اجرا شده و می‌تواند شامل تمرین با وزنه‌های آزاد، انواع توپ‌های مدیسن‌بال، تمرین پلایومتریک و استفاده از وزن بدن به عنوان مقاومت باشد. این تمرینات نقش مهمی در آماده‌سازی، تقویت آمادگی جسمانی، سازگاری‌های عصبی- عضلانی و بهبود مهارت‌های ورزشکاران ایفا می‌کنند (۱, ۲). RT می‌تواند به افزایش قدرت، استقامت و ترکیب بدنی مناسب افراد منجر شود (۲, ۳). تمرینات با وزنه از انواع تمرینات مقاومتی می‌باشند که کاربرد زیادی در بین ورزشکاران دارند. و در مواردی تحت عنوان تمرینات قدرتی اجرا می‌شوند (۳, ۴).

بیشتر پژوهش‌ها در زمینه سازگاری‌های عصبی – عضلانی متعاقب تمرینات مقاومتی با وزنه، نشان می‌دهند که انجام این گونه تمرینات موجب افزایش قدرت می‌شود (۵, ۶). اکثر محققان افزایش قدرت در مراحل اولیه تمرین را قبل از ایجاد هرگونه تغییرات ساختاری در عضله، ناشی از سازگاری‌های عصبی - عضلانی می‌دانند. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که سازگاری عصبی ایجاد شده توسط تمرینات مقاومتی و قدرتی همانند سازگاری عضلانی بر اجرای مهارت‌های ورزشی تأثیرگذار است (۶, ۷). یکی از سازگاری‌های مهم، انتقال سریع تکانه‌های عصبی می‌باشد که عامل مهمی در انجام واکنش‌ها و حرکات سریع به شمار می‌رود. از این‌رو در بیشتر ورزش‌های تیمی و انفرادی انتقال سریع تکانه‌های عصبی با اجرای قدرتمند در کوتاه‌ترین زمان ممکن همراه است (۸, ۹). Nerve Conduction Velocity: NCV مسافتی است که ایمپالس عصبی در واحد زمان در طول عصب حرکتی طی می‌کند. و با دستگاه الکترونروگرام اندازگیری شده و برحسب متر بر ثانیه بیان می‌شود (۱۰, ۱۱). NCV تغییرات میلینه در اعصاب را منعکس می کند و تحت تأثیر مداخلات تمرینات ورزشی از جمله تمرین مقاومتی

Copyright © 2024 The Author(s); Published by Journal of Arak University of Medical Sciences. This is an open access article, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses /by-nc/4.0/) which permits others to copy and redistribute material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.

قرار می‌گیرد (۱۰-۱۲). تمرینات مقاومتی از طریق اثرگذاری بر واحدهای حرکتی، سبب ایجاد سازگاری‌های ویژه در هدایت عصبی خواهد شد (۸, ۱۱). افزایش NCV به عنوان یکی از شاخص‌های نوروگرافی، با تأثیرپذیری از تغییرات نورون‌های حرکتی و افزایش حجم عضلات، می‌تواند یک سازگاری عصبی - عضلانی مهم در اثر تمرینات مقاومتی محسوب شود (۱۰, ۱۲, ۱۳). همچنین این گونه تمرینات تغییراتی را در دروندادهای بازدارنده و تحریک کننده ایجاد می‌کنند که موجب می‌شود ایمپالس‌های بزرگ‌تری به نورون‌های حرکتی وارد شود. این فرآیند توسعه‌ی هدایت عصبی را به دنبال خواهد داشت (۱۳-۱۵). از طرفی این مکانیزم ممکن است تحت تأثیر افزایش تحریک‌پذیری سارکولما و فعالیت پمپ سدیم - پتاسیم نیز قرار گیرد (۱۰, ۱۳, ۱۴). از جمله سازگاری‌های عصبی - عضلانی مهم که توسط تمرینات قدرتی ایجاد می‌شود، به کارگیری واحدهای حرکتی بیشتر، افزایش فرکانس تحریک و ایجاد هماهنگی - عصبی عضلانی است که موجب اجرای بهتر مهارت‌های ورزشی می‌شود (۶, ۱۶, ۱۷). مهارت‌ها مولفه‌های ضروری موفقیت ورزشکاران در انواع رشته‌های ورزشی محسوب می‌شوند. انتقال مثبت اثر تمرینات مقاومتی به اجرای مهارت‌های ورزشی، می‌تواند عملکرد ویژه‌ی ورزشکاران را ارتقاء دهد (۶, ۷). RT با افزایش قدرت عضلانی، موجب سرعت توسعه نیرو (Rate of Force Development: RFD)، بهبود عملکرد در پرش عمودی و افزایش چابکی در ورزشکاران می‌شود (۱۸, ۱۹). قدرت عضلانی با افزایش ویژگی‌های نیرو – زمان توان عضلانی یا RFD را نیز افزایش داده، اجرای عمومی مهارت‌های ورزشی را بهبود می‌بخشد (۱۸, ۲۰). در اکثر رشته‌های ورزشی نیروی تولید شده در واحد زمان عامل موفقیت ورزشکاران محسوب می‌شود. منطق این فرضیه این است که اجرای سریع حرکاتی مانند پرش کردن، دوی سرعت و تغییر جهت حرکت با اعمال نیرویی در فاصله زمانی تقریباً ۵۰ تا ۲۵۰ میلی ثانیه تعیین کننده است (۱۳, ۱۸, ۲۱, ۲۲). چون عامل قدرت عضلانی می‌تواند بر RFD اثرگذار باشد، افزایش قدرت تحت تأثیر تمرینات مقاومتی با وزنه، موجب ارتقاء و بهبود عملکرد ورزشکاران شود (۶, ۱۸).

انعطاف‌پذیری نیز یکی از مولفه‌های اساسی آمادگی جسمانی است که سطوح مناسب آن به همراه قدرت عضلانی برای ثبات وضعیتی، تعادل و عملکرد ورزشی اهمیت دارد (۲۱-۲۳). جنسیت، استعداد بدنی، سن و ویژگی‌های تمرین عوامل مؤثر بر انعطاف‌پذیری می‌باشند. افزایش انعطاف‌پذیری در افراد جوان، میان‌سال و مسن صرفاً با تمرین مقاومتی و بدون انجام تمرینات انعطاف‌پذیری مشاهده شده است (۲۳, ۲۴). تمرین مقاومتی بر تعادل نیز اثرگذار است. تحت تأثیر این گونه تمرینات هماهنگی عصبی عضلانی افزایش می‌یابد که به فعال‌سازی گیرنده‌های حسی عمقی، یکپارچگی واحدهای حرکتی، هم‌انقباضی عضلات همکار، بازدارندگی عضلات مخالف و نهایتاً افزایش تعادل منجر می‌گردد (۲۵). بیشتر پژوهش‌ها اثرات مثبت تمرینات مقاومتی و قدرتی در نمونه‌های جمعیتی را با ویژگی‌های مختلف از جمله سن افراد تأئید می‌کنند (۲۶, ۲۷). تمرینات قدرتی و مقاومتی در کودکان نیز اثرات مشابهی با بزرگسالان ایجاد می‌کنند. این تمرینات در کودکان و نوجوانان منجر به افزایش قدرت، بهبود عملکرد ورزشی و پیشرفت در اجرای مهارت‌های حرکتی مانند پرش‌ها، دویدن و پرتاب کردن می‌شوند (۲۴, ۲۷, ۲۸). انجمن پزشکی ورزشی آمریکا (American College of Sports Medicine ACSM) تمرینات قدرتی در سنین پایین توسط توپ‌های مدیسن بال، وزنه‌های آزاد و دستگاه‌ها را تأئید نموده و انواع روش‌های تمرین مقاومتی ایمن، مؤثر و لذت بخش با هدف بهبود قدرت اسکلتی عضلانی و افزایش سطح آمادگی بدنی کودکان و نوجوانان را مفید می داند (۱, ۲, ۲۶).

با توجه به این‌که پژوهش‌های انجام شده در زمینه تأثیر تمرینات مقاومتی با وزنه بر کودکان محدود می‌باشد. همچنین در بعضی از رشته‌های ورزشی، تمرینات قهرمانی در سنین کودکی و پیش از بلوغ آغاز می‌شود، لذا ضرورت دارد که مطالعات بیشتری در خصوص تأثیر این گونه تمرینات بر سازگاری‌های عصبی عضلانی و شاخص‌های عملکردی و مهارتی کودکان ورزشکار انجام شود. هدف از این پژوهش بررسی اثر تمرینات مقاومتی با وزنه بر NCV اعصاب تیبیال و پرونئال، همچنین تأثیر آن بر توان عضلانی، چابکی، انعطاف‌پذیری و اجرای مهارت‌های نیم پشتک، نیم وارو و حرکت تعادلی فرشته در کودکان ژیمناست هفت تا ده سال می‌باشد.

روش‌کار

در این پژوهش نیمه‌تجربی (با کد اخلاق مصوب در کارگروه اخلاق در پژوهش در دانشگاه لرستان LU-ECRA.2023.43) که راهنمای عمومی اخلاق در پژوهش و مقررات حاکم بر آن رعایت شد، اطلاعات به شیوه آزمایشگاهی و میدانی جمع‌آوری شد. جامعه آماری این پژوهش را کودکان ژیمناست پسر دارای حداقل دو سال سابقه فعالیت در رشته ژیمناستیک تشکیل دادند. دامنه سنی آزمودنی‌ها بین ۷ تا ۱۰ سال در نظر گرفته شد. معیار انتخاب آزمودنی‌ها، کودکان سالم ورزشکار با سابقه حداقل دو سال فعالیت در رشته ژیمناستیک بود. والدین کودکان قبل از انجام تحقیق رضایت‌نامه شرکت در پژوهش را تأیید کردند. با توجه به ویژگی‌های جامعه آماری از شیوه نمونه‌گیری در دسترس و جایگزینی تصادفی در گروه‌ها استفاده شده است. ابتدا از طریق فراخوان، تعداد ۲۴ نفر (سن: ۱/۵±۸/۵ سال، وزن: ۹/۴۰±۳۲/۱۰ کیلوگرم، قد: ۱۳±۱۳۵ سانتی‌متر) از واجدین شرایط به صورت هدفمند انتخاب شد. سپس آزمودنی‌های انتخاب شده به صورت تصادفی و از طریق قرعه کشی در دو گروه تمرین ژیمناستیک و گروه تمرین ژیمناستیک + تمرین مقاومتی با وزنه، قرار گرفتند.

پروتکل تمرینی

پروتکل تمرینی گروه تمرین ژیمناستیک + تمرین مقاومتی با وزنه (جدول ۱) شامل ۱۰ هفته تمرین با وزنه بود. این تمرینات علاوه بر برنامه تمرینی ژیمناستیک که سایر ورزشکاران این رشته در باشگاه انجام می‌دادند اجرا شد. گروه تمرین ژیمناستیک در طول تحقیق فقط تمرینات عمومی این رشته را زیر نظر مربی خود انجام می‌دادند و در واقع نقش گروه کنترل را ایفا می‌کردند. تمرینات با وزنه شامل اجرای حرکات اسکوات، ساق پا، جلوپا (عضلات چهارسر) و پشت پا (عضلات همسترینگ) بود که سه جلسه در هفته و به صورت یک روز در میان انجام شد. چهار هفته ابتدایی تمرینات، با هدف ایجاد سازگاری ساختاری در آزمودنی‌ها و با وزنه‌های سبک، متناسب با توانائی آن‌ها اجرا شد. در این مرحله با توجه به پیشرفت آزمودنی‌ها در اجرای تمرینات و با رعایت اصل اضافه بار و تفاوت‌های فردی تعداد تکرارها و

بار تمرینی افزایش یافت. پس از چهار هفته تمرین با وزنه‌های سبک، آمادگی لازم در عضلات آزمودنی‌ها ایجاد شده و کاملاً بر اجرای حرکات مورد نظر مسلط شدند. سپس در یک جلسه تمرینی رکوردهای آزمودنی‌ها در هر حرکت، با وزنه حداکثر و بر اساس یک تکرار بیشینه (1RM) مشخص شد. مرحله دوم تمرینات شامل شش هفته تمرین قدرتی با هدف توسعه قدرت آزمودنی‌ها اجرا شد. پروتکل تمرینی، شدت و حجم تمرینات، تعداد ست‌ها و تکرارها بر اساس اصول علمی برنامه‌ریزی و طراحی تمرین صورت گرفت. از روش تمرینی تک هرمی برای اجرای برنامه توسعه قدرت عضلانی استفاده شد (۲۹).

قبل از اجرای پروتکل تمرینی، متغیرهای پژوهش ابتدا در مرحله پیش‌آزمون در هر دو گروه ارزیابی شدند. آزمایش NCV اعصاب تیبیال و پرونئال توسط پزشک متخصص مغز و اعصاب انجام شد. آزمون‌های عملکردی نیز شامل پرش سارجت، دوی رفت و برگشت ۹*۴ متر، آزمون انعطاف‌پذیری ولز اندازه‌گیری شد. همچنین اجرای مهارت‌های نیم پشتک، نیم وارو و حرکت تعادلی فرشته، با حضور مربی و داور رسمی فدراسیون ژیمناستیک مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از ۱۰ هفته تمرینات مقاومتی با وزنه، مجدداً آزمایش‌ها و آزمون‌های مذکور در هردو گروه تکرار شد.

ارزیابی NCV اعصاب تیبیال و پرونئال

آزمایش NCV با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سرعت هدایت عصبی مدل Nemus ساخت ایتالیا به صورت زیر انجام شد. آزمودنی‌ها به حالت درازکش روی تخت قرار گرفتند و از پای راست آن‌ها اندازه گیری های عصبی صورت گرفت. در مورد عصب تیبیال، الکترود سطحی اول در یک سانتی‌متری قسمت خلفی تحتانی برجستگی استخوان ناوی در قسمت میانی پا و الکترود دوم در مفصل کف پایی بند انگشتی یا قسمت دیستال انگشت اول قرار گرفت. فاصله بین دو الکترود نیز با دقت یک میلی‌متر اندازه‌گیری شد. در مورد عصب پرونئال نیز الکترود اول در محل بطن عضله کوتاه بازکننده انگشتان پا و الکترود دوم در مفصل کف پایی بند انگشتی پنجم یا روی انگشت پنجم قرار گرفت. فاصله بین دو الکترود نیز با دقت یک میلی‌متر اندازه‌گیری شد؛ و به این صورت مسافتی که ایمپالس عصبی در واحد زمان در طول عصب حرکتی طی می‌کند و با واحد متر بر ثانیه سنجیده شد. برای اندازه‌گیری توان عضلانی از دستگاه پرش سارجنت مدل DSIKALA ساخت ایران استفاده شد. آزمون انعطاف‌پذیری ولز با استفاده از دستگاه تنه به جلو اصلاح شده مدل DSIKALA ساخت ایران صورت گرفت. آزمون چابکی نیز با استفاده ازدوی رفت و برگشت ۹*۴ و ثبت زمان توسط کرنومتر مدل ENKO ساخت ترکیه انجام شد. تست‌های مهارتی شامل حرکات نیم‌پشتک، نیم‌وارو و تعادلی فرشته با حضور داور و مربی رسمی فدراسیون ژیمناستیک در سالن مجهز به وسایل و تجهیزات استاندارد گرفته شد. امتیاز بندی هر مهارت از نمره ۱۰ برای آزمودنی‌ها محاسبه شد.

روش آماری

بعد از بررسی توصیفی داده‌ها، ابتداء با استفاده از آزمون آماری شاپیرو ویلک نرمالیتی آن‌ها بررسی شد. سپس با استفاده از آزمون t همبسته به مقایسه میانگین داده‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه‌ها پرداختیم، سپس به منظور بررسی اثرات تمرین مقاومتی با وزنه بر آزمودنی‌ها، بعد از تفاضل پیش‌آزمون از پس‌آزمون هر آزمودنی از آزمون t مستقل استفاده شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS صورت گرفت و سطح معنی‌داری P<0.05 در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

نتایج آزمون توصیفی دموگرافی آزمودنی‌ها (جدول ۲) و مقادیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون شاخص‌های مورد مطالعه گروه‌ها (جداول ۳ و ۴) بررسی شد بر مبنای این مقادیر آزمون کلموگروف – اسمیرنوف نشان داد که داده‌ها دارای توزیع طبیعی هستند. نتایج آزمون t مستقل نشان داد (جدول ۵) که NCV در اعصاب تیبیال (p-value=۰/۰۰۲) و پرونئال (p-value=۰/۰۰۳) در گروه تمرین ژیمناستیک + تمرین مقاومتی با وزنه نسبت به گروه تمرینات ژیمناستیک افزایش معناداری داشت. همچنین توان عضلانی در پرش سارجنت (p-value=۰/۰۱۸)، چابکی با دوی رفت و برگشت ۹*۴ متر (p-value=۰/۰۰۷) و اجرای مهارت‌های نیم‌پشتک (p-value=۰/۰۳۹) و نیم‌وارو (p-value=۰/۰۲۶) به صورت معناداری افزایش یافت (P<0.05). در انعطاف‌پذیری با آزمون ولز (p-value=۰/۸۷۰) و همچنین اجرای مهارت تعادلی فرشته (p-value=۰/۵۵۲)، تغییر معناداری مشاهده نشد.

جدول ۱. پروتکل تمرینی اجرا شده در یک جلسه تمرین قدرتی با وزنه

تعداد ست‌ها	بار تمرینی	تعداد تکرارها
ست اول	۷۵ درصد	۶ تکرار
ست دوم	۸۰ درصد	۴ تا ۶ تکرار
ست سوم	۸۵ درصد	۳ تا ۴ تکرار
ست چهارم	۹۰ درصد	۲ تا ۳ تکرار

جدول ۲. اطلاعات توصیفی مربوط به سن، قد و وزن آزمودنی‌های دو گروه

	میانگین	کمترین	بیشترین
سن (سال)	۸/۵	۷	۱۰
قد (سانتی‌متر)	۱۳۵	۱۲۲	۱۴۸
وزن (کیلوگرم)	۳۲/۹	۲۲/۷	۳۹/۵

جدول ۳. شاخص‌های توصیفی مربوط به متغیرهای تحقیق در پیش آزمون و پس آزمون گروه تمرین عمومی ژیمناستیک

	میانگین	نمره حداقل	نمره حداکثر	انحراف معیار
NCV تیبیال، m/s				
پیش آزمون	۶۵/۷۳	۴۸/۲۰	۸۸/۰۰	۱۱/۶۹
پس آزمون	۶۵/۵۹	۴۷/۸۰	۸۶/۱۰	۱۱/۳۱
NCV پرونئال، m/s				
پیش آزمون	۶۲/۳۲	۴۸/۸۰	۸۲/۱۰	۹/۳۰
پس آزمون	۶۱/۷۰	۴۷/۲۰	۷۹/۶۰	۹/۰۱
پرش سارجت، cm				
پیش آزمون	۲۴/۵۰	۱۸/۰۰	۳۱/۰۰	۴/۷۰
پس آزمون	۲۵/۰۰	۱۸/۰۰	۳۱/۰۰	۴/۵۳
دوی ۹*۴ متر، s				
پیش آزمون	۱۱/۰۲	۱۳/۶۵	۱۰/۰۲	۱/۰۴
پس آزمون	۱۰/۵۳	۱۲/۸۲	۹/۲۱	۰/۹۲
انعطاف‌پذیری ولز، cm				
پیش آزمون	۳۳/۷۵	۳۰/۰۰	۳۷/۰۰	۲/۶۳
پس آزمون	۳۳/۸۳	۳۱/۰۰	۳۷/۰۰	۲/۱۲
نیم پشتک (امتیاز)				
پیش آزمون	۶/۴۵	۴/۰۰	۹/۰۰	۱/۸۰
پس آزمون	۶/۸۳	۴/۰۰	۹/۵۰	۱/۹۲
نیم وارو (امتیاز)				
پیش آزمون	۵/۰۸	۲/۵۰	۸/۵۰	۱/۹۹
پس آزمون	۵/۷۰	۳/۵۰	۹/۰۰	۱/۷۷
تعادلی فرشته (امتیاز)				
پیش آزمون	۷/۱۲	۴/۵۰	۹/۰۰	۱/۳۸
پس آزمون	۷/۵۸	۶/۰۰	۹/۵۰	۱/۱۸

جدول ۴. شاخص‌های توصیفی مربوط به متغیرهای تحقیق در پیش آزمون و پس آزمون گروه تمرین عمومی + تمرین مقاومتی با وزنه

	میانگین	نمره حداقل	نمره حداکثر	انحراف معیار
NCV تیبیال، m/s				
پیش آزمون	۶۸/۱۲	۵۷/۹۰	۸۲/۳۰	۸/۲۳
پس آزمون	۸۰/۱۵	۶۷/۲۰	۹۲/۵۰	۸/۵۸
NCV پرونئال، m/s				
پیش آزمون	۶۲/۹۰	۴۳/۵۰	۸۸/۹۰	۱۳/۹۵
پس آزمون	۷۳/۷۰	۶۱/۶۰	۸۹/۱۰	۸/۶۶
پرش سارجت، cm				
پیش آزمون	۲۳/۷۵	۱۷/۰۰	۳۲/۰۰	۴/۶۵
پس آزمون	۲۹/۷۵	۲۳/۰۰	۳۶/۰۰	۴/۵۹
دوی ۹*۴ متر، s				
پیش آزمون	۱۱/۰۷	۱۲/۴۴	۱۰/۰۱	۰/۹۰
پس آزمون	۹/۷۵	۱۱/۰۵	۹/۰۱	۰/۶۳
انعطاف‌پذیری ولز، cm				
پیش آزمون	۳۳/۸۳	۳۱/۰۰	۴۰/۰۰	۳/۰۹
پس آزمون	۳۳/۶۶	۲۹/۰۰	۳۹/۰۰	۲/۷۷
نیم پشتک (امتیاز)				
پیش آزمون	۵/۸۳	۴/۵۰	۹/۰۰	۱/۴۱
پس آزمون	۸/۰۱	۷/۰۰	۱۰/۰۰	۰/۸۶
نیم وارو (امتیاز)				
پیش آزمون	۴/۵۸	۲/۵۰	۸/۵۰	۱/۸۳
پس آزمون	۷/۲۹	۵/۵۰	۱۰/۰۰	۱/۴۶
تعادلی فرشته (امتیاز)				
پیش آزمون	۶/۷۵	۵/۵۰	۸/۵۰	۰/۸۶
پس آزمون	۷/۸۰	۶/۵۰	۹/۵۰	۰/۸۰

جدول ۵. نتایج آزمون t مستقل بین دو گروه تمرین عمومی ژیمناستیک و تمرین ژیمناستیک+تمرین مقاومتی با وزنه

	مقدار t	درجه آزادی	F	p-value
NCV تیبیال	-۳/۵۵۳	۲۲	۱/۳۷۹	۰/۰۰۲
NCV پرونئال	-۳/۳۲۶	۲۲	۰/۱۳۵	۰/۰۰۳
پرش سارجت	-۲/۵۴۹	۲۲	۰/۰۴۹	۰/۰۱۸
دوی ۹*۴	۲/۹۶۹	۲۲	۰/۸۳۴	۰/۰۰۷
انعطاف‌پذیری ولز	۰/۱۶۵	۲۲	۰/۴۴۳	۰/۸۷۰
نیم پشتک	-۲/۱۹۲	۲۲	۱/۹۰۱	۰/۰۳۹
نیم وارو	-۲/۳۷۹	۲۲	۰/۱۷۳	۰/۰۲۶
تعادلی فرشته	-۰/۶۰۴	۲۲	۳/۲۷۲	۰/۵۵۲

بحث

علاوه بر شاخص‌های آمادگی جسمانی نتایج این پژوهش نشان داد که تمرینات مقاومتی با وزنه موجب افزایش معنی‌دار NCV در آزمودنی‌های گروه تجربی می‌شود. در همین راستا بسیاری از پژوهش‌ها نشان می‌دهند که سازگاری‌های حاصل از تمرینات مقاومتی به‌طور قابل توجهی به مکانیسم‌های فیزیولوژیکی عصبی عضلانی و به میزان کمتری به مکانیسم‌های مورفولوژیکی پاسخ می‌دهند (۲). فاکتورهائی مانند قدرت، توان عضلانی، چابکی، انعطاف‌پذیری و تعادل از طریق انجام تمرینات مقاومتی و قدرتی ارتقاء می‌یابند. همچنین توسعه هماهنگی عصبی عضلانی جهت اجرای مهارت‌های ورزشی با انجام تمرینات مقاومتی مناسب، میسر است (۶, ۷). در ارتباط با کودکان و نوجوانان نیز مطالعات نشان می‌دهند که تمرینات مقاومتی مبتنی بر کار با دستگاه و وزنه‌های آزاد، شاخص‌های آمادگی جسمانی را ارتقاء می بخشد. این تمرینات می‌توانند به عنوان یک راه‌کار ایمن و مؤثر برای افزایش قدرت و توسعه عملکرد حرکتی در کودکان و نوجوانان مورد استفاده قرار گیرند (۱, ۳۰). برخی از پژوهش‌ها نشان می‌دهند که تمرینات قدرتی در آزمودنی‌های جوان و کودکان مبتدی سازگاری و پیشرفت بیشتری در عملکرد حرکتی و مهارت‌ها نسبت به افراد بالغ و ورزشکار ایجاد می‌کنند (۲۷, ۳۱). داده‌های ثبت شده توسط تصویربرداری نورومغناطیسی، نشان می‌دهند که تمرینات مقاومتی موجب کاهش مهار حرکتی قشر مغز در افراد نابالغ می‌شود. و توسعه انعطاف‌پذیری عصبی و در نتیجه بهبود یادگیری حرکتی را به همراه دارد (۲۸, ۳۱). برخلاف تصورات پیشین در مورد تأثیر منفی تمرینات مقاومتی بر ایمنی و رشد کودکان، مطالعات اخیر شواهد قانع کننده‌ای را از اثر این تمرینات بر سلامت و بهبود عملکرد ورزشی کودکان ارائه می‌دهند (۲, ۳۲). با این وجود تجویز تمرینات با وزنه برای کودکان موضوعی بحث برانگیز است. در این زمینه نظرات گوناگونی در میان متخصصان حوزه سلامت و ورزش وجود دارد (۳۱, ۳۳). برخی از مربیان موفق در رشته‌هایی مانند ژیمناستیک و کشتی معتقدند که تمرینات با وزنه در سنین کودکی، ممکن است موجب کاهش انعطاف‌پذیری و در نتیجه افت عملکرد ورزشی کودکان شود. علت بررسی تأثیر تمرینات قدرتی بر انعطاف‌پذیری و تعادل در این پژوهش نیز اختلاف نظر موجود بین محققین و مربیان در این خصوص می‌باشد. از دیدگاه برخی متخصصان، کودکان باید بیشتر درگیر فعالیت‌ها و ورزش‌های مبتنی بر مدرسه و بازی باشند. شرکت در رقابت‌های ورزشی با هدف بهینه‌سازی عملکرد ورزشی در این مقطع سنی کمتر مورد توجه قرار گرفته است (۲۷, ۳۰, ۳۳). از طرفی ماهیت بعضی از رشته‌ها مانند ژیمناستیک، شیرجه، اسکیت و پاتیناژ به گونه‌ای است که افراد در سنین پائین درگیر رقابت‌های شدید و طولانی می‌شوند. به نظر می‌رسد این دسته از ورزشکاران برای رسیدن به اوج عملکرد در مسابقات و میادین قهرمانی، باید در سنین پیش از بلوغ به تقویت شاخص‌های آمادگی جسمانی و عملکرد خود، از طریق تمرینات مقاومتی بپردازند (۲۷, ۳۳, ۳۴). با توجه به این‌که تحقیقات انجام شده در زمینه تأثیر تمرینات قدرتی خصوصاً کار با وزنه روی کودکان پیش از بلوغ محدود می‌باشد. همچنین بین محققین و مربیان ورزشی در این خصوص اختلاف نظر وجود دارد، در این مطالعه به بررسی تأثیر تمرینات مقاومتی با وزنه بر NCV و برخی شاخص‌های عملکردی و مهارتی کودکان ورزشکار در رشته ژیمناستیک پرداخته شد. نتایج نشان داد که تمرینات مقاومتی با وزنه می‌تواند NCV در اعصاب تیبیال و پرونئال کودکان ژیمناست هفت تا ده سال را افزایش دهد. همچنین تغییر در توان عضلانی، چابکی و اجرای مهارت‌های نیم‌پشتک و نیم‌وارو معنادار بود. اما تأثیر این تمرینات بر انعطاف‌پذیری و اجرای مهارت تعادلی فرشته معنادار نبود. پژوهشی که پیش از این تأثیر تمرینات مقاومتی با وزنه بر NCV کودکان را بررسی کند، یافت نشد. اما بیشتر پژوهش‌هایی که بر روی افراد بالغ انجام شده‌اند، تأئید می‌کنند که این تمرینات موجب افزایش NCV می‌شوند. تایپل و همکاران (۲۰۱۳) تأثیر تمرینات ترکیبی قدرتی را بر شاخص‌های الکترونروگرافی و سرعت هدایت عصبی، مثبت گزارش کردند (۱۵). دمیرچی و همکاران (۲۰۰۷) نیز در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که NCV به دنبال هشت هفته تمرینات قدرتی ایزوتونیک افزایش می‌یابد (۴). در پژوهشی دیگرکابرال بورگس و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که ورزشکاران رشته‌های قدرتی و سرعتی NCV بالاتری نسبت به ورزشکاران استقامتی دارند (۳۵). همچنین NCV در افراد تمرین کرده نسبت به افراد بدون تمرین و آسیب دیده بیشتر است. توسط آلکجائر و همکاران (۲۰۱۳) و بهرنس و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش شد که ویژگی‌ها و شیوه‌های تمرینی در رشته‌های مختلف ورزشی، بر NCV تأثیرگذار است. به‌گونه‌ای که تمرین با شدت بالاتر می‌تواند تأثیر بیشتری بر NCV داشته باشد. به عنوان مثال بیشترین NCV مربوط به وزنه‌برداران و کمترین NCV در دوندگان استقامتی گزارش شده است (۱۲, ۳۶). نتایج پژوهش‌های مذکور در ارتباط با تأثیر تمرینات مقاومتی بر NCV با پژوهش حاضر هم‌سو می‌باشد. دلیل آن نیز می‌تواند تشابه نوع و ویژگی تمریناتی باشد که به‌عنوان متغیر مستقل و تأثیرگذار بر NCV به‌کار رفته است. این تمرینات سازگاری‌های ویژه‌ای را در سطح سلول‌های عصبی مانند

تغییرات میلینه در اعصاب ایجاد می‌کنند که موجب افزایش سرعت هدایت عصبی می‌شود. برخی از پژوهش‌ها نیز نتایج متناقضی را گزارش کردند. کلودینگ و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی به این نتیجه رسیدند که تمرینات قدرتی و هوازی تغییر معناداری در NCV ورزشکاران ایجاد نمی‌کنند (۳). احتمالاً دلیل این تناقض با تحقیق حاضر تفاوت در نوع تمرینات و ترکیب تمرینات مقاومتی و هوازی در پژوهش کلودینگ می‌باشد. داریوش شیخ الاسلامی وطنی و همکاران (۲۰۰۸) نیز در یک پژوهش شامل شش ماه تمرین منظم با وزنه توسط ورزشکاران رشته پرورش اندام با دو سال سابقه تمرینی، هیچ گونه تغییر معناداری در NCV گزارش نکردند (۳۶). چون در این تحقیق از ورزشکاران پرورش اندام با سابقه تمرین با وزنه به عنوان آزمودنی استفاده شده است، می‌توان نتیجه گرفت که سازگاری عصبی در NCV ممکن است فقط در مراحل اولیه‌ی شروع تمرینات با وزنه رخ دهد. تفاوت در سن و تجربه تمرین آزمودنی‌ها با وزنه می‌تواند دلیل منطقی تناقض و غیر همسو بودن نتایج پژوهش مذکور با پژوهش حاضر باشد. بهرینگر و همکاران (۲۰۱۱) تأثیر تمرینات مقاومتی و قدرتی بر عملکرد و مهارت‌های کودکان و نوجوانان را بررسی کرده و گزارش نمودند که انجام این تمرینات به افزایش قدرت، بهبود عملکرد ورزشی و پیشرفت در اجرای مهارت‌های حرکتی مانند پرش‌ها، دویدن و پرتاب کردن در کودکان و نوجوانان منجر می‌شود (۳۷). این یافته‌ها به گونه‌ای توسط موران و همکاران (۲۰۱۷) که به بررسی تأثیر تمرینات مقاومتی در ارتباط با سن ورزشکاران جوان پرداختند، تأئید شد. نتایج نشان داد که تمرینات با دستگاه و وزنه‌های آزاد موجب افزایش قدرت، توان عضلانی، پرش عمودی، چابکی و افزایش عملکرد در پرتاب‌ها و دیگر مهارت‌های خاص در کودکان می‌شود (۵). احتمالاً سازگاری‌های ایجاد شده در اثر تمرینات مقاومتی در کودکان و افراد مبتدی نسبت به بزرگسالان و افراد با تجربه بیشتر است. به عنوان نمونه در پژوهشی فایگن‌باوم و همکاران (۲۰۹) تأثیر یک برنامه تمرینی مقاومتی را بر عملکرد و تناسب اندام کودکان و نوجوانان بررسی کردند. نتایج نشان داد که تمرینات مقاومتی می‌تواند سازگاری‌های بیشتری را در کودکان و افراد مبتدی ایجاد کند. همچنین گزارش شد که تحت تأثیر این تمرینات به علت کاهش مهار حرکتی قشر مغز، پلاستیسیته و انعطاف‌پذیری عصبی افزایش می‌یابد. در نتیجه منجر به بهبود یادگیری حرکتی درکودکان می‌شود (۱۶). در پژوهشی دیگر تأثیر که توسط کریملر و همکاران (۲۰۲۱) صورت گرفت، تأثیر یک برنامه تمرین قدرتی بر شاخص‌های آمادگی جسمانی و عملکرد شناختی درکودکان ۴ تا ۶ سال بررسی شد. نتایج نشان داد که ۱۰ هفته تمرین مقاومتی موجب بهبود عملکرد در پرش، افزایش قدرت عضلانی، بهبود تعادل در ایستادن یک پا و هماهنگی می‌شود. لذا کودکان نسبت به بزرگسالان دارای ویژگی‌های نوروپلاستیسیته بالا و پتانسیل پیشرفت در مهارت‌های حرکتی بیشتری می‌باشند (۳۲). نتایج مطالعات بهرینگر، موران، فایگن‌باوم و کریملر در ارتباط با تأثیر تمرینات مقاومتی بر شاخص‌های آمادگی جسمانی، عملکرد و مهارت‌های کودکان با تحقیق حاضر همسو می‌باشد. مهم‌ترین دلایلی که می‌تواند در راستای موافق بودن نتایج به آن اشاره کرد، شرایط سنی یکسان و پیش از بلوغ و عدم تجربه‌ی قبلی آزمودنی‌ها در انجام تمرینات مقاومتی و قدرتی می‌باشد. این نوع تمرینات موجب به کارگیری واحدهای حرکتی بیشتر و افزایش فرکانس تحریک می‌شوند. سازگاری‌های ایجاد شده در اثر تمرین، قدرت، توان عضلانی و چابکی را افزایش داده و با ایجاد هماهنگی عصبی عضلانی منجر به اجرای بهتر مهارت‌های ورزشی می‌شود.

از طرفی یافته‌های بل و همکاران (۱۹۸۸)، نیکلای و همکاران (۱۹۹۴) و کلات و همکاران (۱۹۹۴) با نتایج تحقیق حاضر ناهمسو می‌باشد. این محققان معتقدند که تمرینات قدرتی با وزنه به دلیل افزایش هایپرتروفی بر عملکرد ورزشکاران ژیمناست تأثیر منفی دارد. و صرفاً تمرینات قدرتی، با استفاده از وزن بدن برای توسعه قدرت انفجاری ورزشکاران ژیمناست مفید است. دلیل این مغایرت این است که در تحقیق حاضر، تمرینات با وزنه توأم با تمرینات عمومی ژیمناستیک انجام شد که مانع از هایپرتروفی بیش ازحد و کاهش انعطاف‌پذیری آزمودنی‌ها می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی پژوهش حاضر این بود که یک دوره تمرینات مقاومتی با وزنه می‌تواند NCV اعصاب تیبیال و پرونئال درکودکان ژیمناست را افزایش دهد که یک سازگاری عصبی مهم محسوب می‌شود. همچنین این تمرینات موجب تغییرات معناداری در توان عضلانی و چابکی آزمودنی‌ها شد. که به دنبال آن عملکرد افراد را در اجرای مهارت‌های نیم‌پشتک و نیم وارو ارتقاء می‌بخشد. این در حالی است که تمرینات مذکور بر انعطاف‌پذیری و اجرای مهارت تعادلی فرشته تأثیر معناداری نداشت. بطورکلی می‌توان بیان کرد که تجویز تمرینات مقاومتی با وزنه برای کودکان ورزشکار رشته ژیمناستیک با نظارت مربیان مجرب به عنوان تمرینات مؤثر و ایمن، عملکرد ورزشکاران را بهبود و ارتقاء می‌بخشد. پیشنهاد می‌شود که تأثیر این گونه تمرینات بر ورزشکاران رده‌های سنی پایه، در سایر رشته‌های ورزشی نیز توسط پژوهشگران مورد بررسی قرار گیرد. همچنین مقایسه روش‌های مختلف تمرینات مقاومتی با وزنه و بدون وزنه می‌تواند موضوع تحقیق پژوهشگران باشد.

تقدیر و تشکر

این مقاله برگرفته از رساله دانشجوی دکتری دانشگاه لرستان است. بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه لرستان تقدیر و تشکر می‌شود.

سهم نویسندگان

سهم تمام نویسندگان در این پژوهش مساوی است.

تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

References

1. Lesinski M, Herz M, Schmelcher A, Granacher U. Effects of Resistance Training on Physical Fitness in Healthy Children and Adolescents: An Umbrella Review. Sports Med. 2020;50(11):1901-28. **doi:** 10.1007/s40279-020-01327-3 **pmid:** 32757164
2. Sanchez Pastor A, Garcia-Sanchez C, Marquina Nieto M, de la Rubia A. Influence of Strength Training Variables on Neuromuscular and Morphological Adaptations in Prepubertal Children: A Systematic Review. Int J Environ Res Public Health. 2023;20(6):4833. **doi:** 10.3390/ijerph20064833 **pmid:** 36981742
3. Kluding PM, Pasnoor M, Singh R, Jernigan S, Farmer K, Rucker J, et al. The effect of exercise on neuropathic symptoms, nerve function, and cutaneous innervation in people with diabetic

peripheral neuropathy. J Diabetes Complications. 2012;26(5):424-9. **doi:** 10.1016/j.jdiacomp.2012.05.007 **pmid:** 22717465
4. DAMIRCHI A, MOHEBI H, HOSSEINI SA. THE EFFECTS OF ISOTONIC STRENGH TRAINING ON ELECTRONOROGRAPHY AND MAXIMAL VOLUNTARY CONTRACTION PARAMETERS IN ATHLETES. 2007.
5. Moran JJ, Sandercock GR, Ramirez-Campillo R, Meylan CM, Collison JA, Parry DA. Age-Related Variation in Male Youth Athletes' Countermovement Jump After Plyometric Training: A Meta-Analysis of Controlled Trials. J Strength Cond Res. 2017;31(2):552-65. **doi:** 10.1519/JSC.0000000000001444 **pmid:** 28129282
6. Suchomel TJ, Nimphius S, Stone MH. The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. Sports Med. 2016;46(10):1419-49. **doi:** 10.1007/s40279-016-0486-0 **pmid:** 26838985
7. Siff MC. Biomechanical foundations of strength and power training. Biomechanics in sport: performance enhancement and injury prevention. 2000:103-39.
8. Baker D. A series of studies on the training of high-intensity muscle power in rugby league football players. J Strength Cond Res. 2001;15(2):198-209. **pmid:** 11710405
9. Hammett JB, Hey WT. Neuromuscular adaptation to short-term (4 weeks) ballistic training in trained high school athletes. J Strength Cond Res. 2003;17(3):556-60. **doi:** 10.1519/1533-4287(2003)017<0556:natswb>2.0.co;2 **pmid:** 12930186
10. Sarabzadeh SM, Shariatzadeh Jonadi M, Bordbar Azari B. A Comparison of nerve conduction velocity of dominant and non-dominant lower limb in athletes and non-athletes. Journal of Sport Biosciences. 2017;9(3):415-29.
11. Oh SJ. Clinical electromyography: nerve conduction studies: Lippincott Williams & Wilkins; 2003.
12. Alkjaer T, Meyland J, Raffalt PC, Lundbye-Jensen J, Simonsen EB. Neuromuscular adaptations to 4 weeks of intensive drop jump training in well-trained athletes. Physiol Rep. 2013;1(5):e00099. **doi:** 10.1002/phy2.99 **pmid:** 24303171
13. Slimani M, Paravlic A, Granacher U. A Meta-Analysis to Determine Strength Training Related Dose-Response Relationships for Lower-Limb Muscle Power Development in Young Athletes. Front Physiol. 2018;9:1155. **doi:** 10.3389/fphys.2018.01155 **pmid:** 30246783
14. Aminoff MJ, Albers JW. Electrophysiologic techniques in the evaluation of patients with suspected neurotoxic disorders. Electrodiagnosis in clinical neurology: Elsevier; 2005. p. 795-811.
15. Taipale R, Mikkola J, Vesterinen V, Nummela A, Häkkinen K. Neuromuscular adaptations during combined strength and endurance training in endurance runners: maximal versus explosive strength training or a mix of both. European journal of applied physiology. 2013;113(2):325-35.
16. Faigenbaum AD, Kraemer WJ, Blimkie CJ, Jeffreys I, Micheli LJ, Nitka M, et al. Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. J Strength Cond Res. 2009;23(5 Suppl):S60-79. **doi:** 10.1519/JSC.0b013e31819df407 **pmid:** 19620931
17. Faigenbaum AD, Myer GD. Resistance training among young athletes: safety, efficacy and injury prevention effects. British journal of sports medicine. 2010;44(1):56-63.
18. Bogdanis GC, Tsoukos A, Brown LE, Selima E, Veligekas P, Spengos K, et al. Muscle Fiber and Performance Changes after Fast Eccentric Complex Training. Med Sci Sports Exerc. 2018;50(4):729-38. **doi:** 10.1249/MSS.0000000000001507 **pmid:** 29206782
19. Seitz LB, Haff GG. Factors Modulating Post-Activation Potentiation of Jump, Sprint, Throw, and Upper-Body Ballistic Performances: A Systematic Review with Meta-Analysis. Sports Med. 2016;46(2):231-40. **doi:** 10.1007/s40279-015-0415-7 **pmid:** 26508319
20. Iguchi J, Yamada Y, Ando S, Fujisawa Y, Hojo T, Nishimura K, et al. Physical and performance characteristics of Japanese division 1 collegiate football players. J Strength Cond Res. 2011;25(12):3368-77. **doi:** 10.1519/JSC.0b013e318215fc19 **pmid:** 22076091
21. Gabbett T, Kelly J, Ralph S, Driscoll D. Physiological and anthropometric characteristics of junior elite and sub-elite rugby league players, with special reference to starters and non-starters. J Sci Med Sport. 2009;12(1):215-22. **doi:** 10.1016/j.jsams.2007.06.008 **pmid:** 18055259
22. Fry AC, Kraemer WJ. Physical performance characteristics of American collegiate football players. The Journal of Strength & Conditioning Research. 1991;5(3):126-38.
23. Simao R, Lemos A, Salles B, Leite T, Oliveira E, Rhea M, et al. The influence of strength, flexibility, and simultaneous training on flexibility and strength gains. J Strength Cond Res. 2011;25(5):1333-8. **doi:** 10.1519/JSC.0b013e3181da85bf **pmid:** 21386731
24. Milliken LA, Faigenbaum AD, Loud RL, Westcott WL. Correlates of upper and lower body muscular strength in children. J Strength Cond Res. 2008;22(4):1339-46. **doi:** 10.1519/JSC.0b013e31817393b1 **pmid:** 18545169
25. Khataei T, Harding AMS, Janahmadi M, El-Geneidy M, Agha-Alinejad H, Rajabi H, et al. ASICs are required for immediate exercise-induced muscle pain and are downregulated in sensory neurons by exercise training. J Appl Physiol (1985). 2020;129(1):17-26. **doi:** 10.1152/japplphysiol.00033.2020 **pmid:** 32463731
26. Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. Developing maximal neuromuscular power: part 2—training considerations for improving maximal power production. Sports medicine. 2011;41:125-46.
27. Faigenbaum AD, McFarland JE, Keiper FB, Tevlin W, Ratamess NA, Kang J, et al. Effects of a short-term plyometric and resistance training program on fitness performance in boys age 12 to 15 years. J Sports Sci Med. 2007;6(4):519-25. **pmid:** 24149486
28. Rexach JAS, Ruiz JR, Bustamante-Ara N, Villarán MH, Gil PG, Sanz Ibanez MJ, et al. Health enhancing strength training in nonagenarians (STRONG): rationale, design and methods. BMC Public Health. 2009;9(1):1-8.
29. Bompa T, Buzzichelli C. Periodization of strength training for sports: Human Kinetics Publishers; 2021.
30. Walther M, Berweck S, Schessl J, Linder-Lucht M, Fietzek UM, Glocker FX, et al. Maturation of inhibitory and excitatory motor cortex pathways in children. Brain Dev. 2009;31(7):562-7. **doi:** 10.1016/j.braindev.2009.02.007 **pmid:** 19329268
31. Myer GD, Faigenbaum AD, Chu DA, Falkel J, Ford KR, Best TM, et al. Integrative training for children and adolescents: techniques and practices for reducing sports-related injuries and enhancing athletic performance. Phys Sportsmed. 2011;39(1):74-84. **doi:** 10.3810/psm.2011.02.1854 **pmid:** 21378489
32. Wick K, Kriemler S, Granacher U. Effects of a Strength-Dominated Exercise Program on Physical Fitness and Cognitive Performance in Preschool Children. J Strength Cond Res. 2021;35(4):983-90. **doi:** 10.1519/JSC.0000000000003942 **pmid:** 33752222
33. Rocha PECPd, Silva VSd, Camacho LAB, Vasconcelos AGG. Effects of long-term resistance training on obesity indicators: a systematic review. Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano. 2015;17:621-34.
34. Granacher U, Lesinski M, Busch D, Muehlbauer T, Prieske O, Puta C, et al. Effects of Resistance Training in Youth Athletes on Muscular Fitness and Athletic Performance: A Conceptual Model for Long-Term Athlete Development. Front Physiol. 2016;7:164. **doi:** 10.3389/fphys.2016.00164 **pmid:** 27242538
35. Borges LPNC, Leitão WCdV, Ferreira JO, Carvalho LC. Measurement of motor nerve conduction velocity in three different sports. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. 2013;19:328-31.
36. Behrens M, Mau-Moeller A, Bruhn S. Effect of plyometric training on neural and mechanical properties of the knee extensor muscles. Int J Sports Med. 2014;35(2):101-19. **doi:** 10.1055/s-0033-1343401 **pmid:** 23900900
37. Behringer M, Vom Heede A, Matthews M, Mester J. Effects of strength training on motor performance skills in children and

adolescents: a meta-analysis. Pediatr Exerc Sci. 2011;23(2):186-206. **doi:** 10.1123/pes.23.2.186 **pmid:** 21633132