Sport and Exercise Physiology
Spring-Summer 2021/Vol.14/No.1/9-20

The effect of three weeks of small sided game with blood flow restriction on nervous and functional indicators of futsal players

Farid Farhani*, Sadegh Amani Shalamzari, Hamid Rajabi, Ali Abbasi, Ali Sarikhani, Rasul Najarghabel, Mohamad Javad Naghizade Asl

Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

Original Article

Abstract

Purpose: The aim of this study was to evaluate neural (IEMG and RMS) and functional indexes after three weeks of Small Sided Game (SSGs) with continuous and interval blood flow restriction (BFR).

Methods: Eighteen futsalists (age 22.67 ± 1.14 years) were divided into three groups without BFR (n=6), BFR (n=6), and interval BFR (n=6). All participants in the three-week study were small sided game with blood flow restriction. Electromyography device and the isoknetic system were used to collect data related with electrical activity and isokinetic variables.

Results: In the lunges, the electrical activity of recrus femoris and biceps femoris muscles, only in the blood flow restriction groups (BFR and Interval BFR), there was a significant increase between groups ($P > 0.05$). Shoot variables did not significantly increase between groups and intra-group ($P < 0.05$). Sargent jumps also did not significantly increase between groups ($P > 0.05$). Power was also increased in extension and flexion, only in groups with blood flow restriction significant increase between groups was found ($P> 0.05$). Work / body weight did not significantly increase between group and intra-group ($P < 0.05$). The work fatigue and average peak torque had similar results, so that they only increased significantly in the Paired-Sample t-test groups with blood flow restriction ($P > 0.05$).

Conclusion: Although the results of the present study showed that the increase in functional and neural activation indexes in futsalists with blood flow restriction in the protocol training, but more research are needed in the field of BFR + SSG in order to recommend this protocol to coaches and futsalists.

Keywords: Futsal, Small sided game, Blood flow restriction, Electromyography, Isokinetic

How to cite this article: Farhani F, Amani Shalamzari S, Rajabi H, Abbasi A, SarikhaniA, Najarghabel R, Naghizade Asl M J. The effect of three weeks of small sided game with blood flow restriction on nervous and functional indicators of futsal players. Sport and Exercise Physiology 2021;14(1):9-20

*Corresponding Author; E-mail: f.farid1993@yahoo.com
DOI: 10.52547/joeppa.14.1.9

Received: 28/08/2018 Accepted: 28/07/2019

فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی
بهار و تابستان ۱۴۰۰/ دوره ۱۴/ شماره ۱/ صفحه‌های ۹-۲۰

اثر سه هفته بازی در زمین‌های کوچک همراه با محدودیت جریان خون بر شاخص‌های عصبی و عملکردی بازیکنان فوتسال

فرید فرحانی*، صادق امانی شلمزاری، حمید رجبی، علی عباسی، علی ساریخانی، رسول نجار قابل، محمد جواد نقی‌زاده اصل

دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

مقاله پژوهشی

چکیده

هدف: فوتسال به‌عنوان یکی از ورزش‌های حرفه‌ای، از حساسیت خاصی برخوردار است و بدنسازی نوین این ورزش اهمیت دارد. هدف این مطالعه بررسی شاخص‌های عصبی (IEMG و RMS) و عملکردی، پس از ۳ هفته بازی در زمین‌های کوچک (SSG) همراه با محدودیت جریان خون (BFR) مداوم و متناوب است.

روش‌ها: ۱۸ فوتسالیست (میانگین سن ۱/۱۴ ± ۲۲/۶۷ سال) در سه گروه بدون BFR (۶ نفر)، BFR (۶ نفر) و BFR متناوب (۶ نفر) قرار گرفتند. تمام شرکت‌کنندگان در پژوهش سه‌هفته‌ای به بازی در زمین‌های کوچک همراه با محدودیت جریان خون پرداختند. از دستگاه الکترومیوگرافی و دستگاه ایزوکینتیک به‌منظور جمع‌آوری داده‌های مربوط به فعالیت الکتریکی و متغیرهای ایزوکینتیکی استفاده شد.

نتایج: در حرکت لانگز فعالیت الکتریکی عضلات راست رانی و دوسر رانی فقط در گروه‌های دارای محدودیت جریان خون (BFR و BFR متناوب) افزایش معنادار بین‌گروهی نشان داد (P<۰/۰۵). متغیر شوت افزایش معنادار بین‌گروهی و درون‌گروهی نداشت (P> ۰/۰۵). پرش سارجنت نیز افزایش معنادار بین‌گروهی نداشت (P> ۰/۰۵). قدرت نیز در حرکت اکستنشن و فلکشن فقط در گروه‌های دارای محدودیت خون افزایش معنادار بین‌گروهی نشان داد (P≤۰/۰۵). متغیر کار برحسب وزن افزایش معنادار بین‌گروهی و درون‌گروهی نداشت (P> ۰/۰۵). مقدار خستگی و میانگین اوج گشتاور، نتایج مشابهی داشتند، به‌نوعی که فقط در آزمون تی همبسته گروه‌های دارای محدودیت جریان خون افزایش معنادار داشتند (P<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: اگرچه نتایج پژوهش حاضر، افزایش شاخص‌های مرتبط با فعال‌سازی عصبی و عملکردی را در فوتسالیست‌هایی که جریان خون محدودی در پروتکل تمرین داشتند، نشان داد، برای توصیهٔ آن به مربیان و فوتسالیست‌ها به پژوهش بیشتری در زمینهٔ SSG + BFR نیاز است.

واژه‌های کلیدی: الکترومیوگرافی، ایزوکینتیک، بازی در زمین‌های کوچک، فوتسال، محدودیت جریان خون

* نویسنده مسئول: رایانامه: f.farid1993@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۰۶

مقدمه

امروزه در ورزش قهرمانی شاهد جابه‌جایی رکوردها و نمایش حیرت‌انگیز ورزشکاران هستیم، که این نمایش برگرفته از روش‌های تمرینی جدید و علمی است. با این حال یک چالش در ورزش حرفه‌ای‌ها، ایجاد تغییرات بارز در عملکرد ورزشکاران تمرین‌کرده به‌منظور ارتقای وضعیت بدنی آنها برای دستیابی به حداکثر عملکرد است (۱-۳). فوتسال ورزشی است که در سراسر جهان به‌صورت غیرحرفه‌ای، دانشگاهی (نیمه‌حرفه‌ای) و حرفه‌ای دنبال می‌شود (۴). فوتسال فعالیتی تناوبی و شدید است که در آن سرعت‌های بیشینه و زیر بیشینهٔ زیادی روی می‌دهد، به‌نوعی که نسبت فعالیت به استراحت در فوتسال حدود ۱:۱ است. در تحقیقی با استفاده از تجزیه‌وتحلیل حرکتی نشان داده شد که جابه‌جایی‌های سریع و شدید در مسابقهٔ فوتسال (۱۰ تا ۳۰ متر یا ۲ تا ۴ ثانیه) توسط بازیکنان حرفه‌ای حدود ۵ تا ۱۲ درصد از زمان مسابقه را با شدت (۱۵کیلومتر بر ساعت) می‌پیمایند که نشان از اهمیت تمرینات با شدت بالا برای بازیکنان فوتسال دارد (۵). در همین زمینه، باربرو و کاستانگا نشان دادند که توانایی انجام تمرینات متناوب با شدت بالا، عامل تعیین‌کنندهٔ عملکرد در فوتسال است. به همین دلیل به‌منظور توسعهٔ عوامل عملکردی در فوتسال باید به ظرفیت‌های هوازی و بی‌هوازی توجه ویژه‌ای شود (۵-۷).

بازی فوتسال، به تصمیم‌گیری سریع و توانایی‌های جهشی در طول مراحل حمله و دفاع نیاز دارد (۸-۱۱)، ازاین‌رو بهبود این قابلیت‌ها بهتر است در شکل بازی و با توجه به اصل ویژگی تمرین صورت گیرد و مربیان برای توسعهٔ توان هوازی و بی‌هوازی و ارتقای تکنیک بازیکنان از تمرینات ویژهٔ فوتسال یا بازی در زمین‌های کوچک (SSG)[1] استفاده می‌کنند (۱۳،۱۲). از مزایای اصلی تمرینات SSG این است که می‌تواند الگوی حرکت را شبیه‌سازی کند و نیازهای فیزیولوژیکی و فنی یک بازی رقابتی را زمانی‌که بازیکنان تحت فشار و خستگی تصمیم‌گیری می‌کنند، تقلید کند (۱۴). سانچز و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از SSG، بهبود سطح تاکتیکی فوتسالیست‌ها را گزارش کردند (۱۵). در پژوهشی دیگر، ایتریکاستیلو و همکاران (۲۰۱۸)، گزارش کردند، SSG به‌صورت ۴ در مقابل ۴ به مدت ۴ دقیقه با ۴ تکرار و فاصلهٔ استراحتی ۲دقیقه‌ای، موجب افزایش فعال‌سازی عصبی بسکتبالیست‌ها شده است (۱۶). ایمپلیزری و همکاران (۲۰۰۶)، اظهار داشتند که SSG همانند دویدن تناوبی با شدت HR max ۹۰-۹۵٪ بر ظرفیت هوازی فوتبالیست‌ها مؤثر است (۱۷). همچنین، پولمن و همکاران (۲۰۰۹) اثر ۶ هفته تمرینات SSG فوتبال را در مردان سنجیدند و افزایش اوج گشتاور و افزایش زمان تا رسیدن به خستگی را گزارش کردند (۱۸). با توجه به مدت زمان محدود برای آماده‌سازی بازیکنان، توجه به اصل ویژگی تمرین محبوبیت فراوانی دارد و در این زمینه مربیان همواره کوشیده‌اند با اتخاذ شیوه‌های تمرینی جدید و کارا، بازیکنان را به سطح رقابتی بهینه برسانند (۱۹). در سال‌های اخیر تمرین همراه با محدودیت جریان خون[2] (BFR) که شامل استفاده از کاف یا نوارهای الاستیک اطراف اندام‌های انتهایی است، مورد توجه قرار گرفته است. از این مدل تمرینی در گذشته بیشتر در تمرینات مقاومتی استفاده می‌شد، اما امروزه در تمرینات استقامتی و تناوبی نیز مورد توجه قرار گرفته است (۲۱،۲۰). در این مدل تمرینی، جریان خون وریدی مسدود می‌شود (۲۳،۲۲) و با ایجاد حوضچهٔ خونی در اندام، تنش متابولیکی بیشتری به عضله تحمیل می‌شود، که با آزادسازی بیشتر هورمون رشد (۲۴) و حتی فراخوانی بیشتر تارهای تندتنش همراه است (۲۵)، زیرا در تمرین با کاهش جریان خون به‌دلیل کمبود اکسیژن در دسترس، فشار متابولیکی افزایش می‌یابد و آوران‌های III و IV را تحریک می‌کنند که این تحریک باعث مهار یا کاهش فعالیت واحدهای حرکتی ST و به‌کارگیری بیشتر واحدهایی حرکتی FT می‌شود، در نتیجه تکیه بر عضلات نوع II و متابولیسم غیرهوازی بیشتر می‌شود (۲۶). در همین زمینه یاسودا و همکاران (۲۰۱۴) فراخوانی تارهای FT را عامل مهمی برای دست یافتن به حجم عضلانی عنوان کردند، که طبق اصل اندازه با افزایش شدت تمرین این تارها رفته‌رفته فراخوانی می‌شوند، اما نتایج EMG نشان داد، در تمرین همراه با کاهش جریان خون اگرچه با بار کم انجام می‌گیرد، واحدهای حرکتی با آستانهٔ بالا را که شامل تارهای FT می‌شود فراخوانی می‌کند (۲۷). از آنجا که در فوتسال فعالیت‌ها به‌صورت متناوب و آن هم از نوع نامنظم (Intermittent) است، فعال‌سازی واحدهای حرکتی FT، موجب افزایش توان می‌شود. همچنین استقامت در توان، کاهش

خستگی و بازسازی انرژی از متغیرهای مهم در فوتسال هستند (۲۹,۲۸) که به‌منظور سنجش این متغیرها می‌توان از تست ایزوکینتیک (اکستنشن - فلکشن)، در گشتاورهای متفاوت (۰، ۶۰، ۱۲۰، ۳۰۰ و...) استفاده کرد (۳۰). همان‌گونه‌که آرماتاس و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند، مردان گشتاور، میانگین توان و EMG کمتری نسبت به پسران در فعالیت یکسان به‌کار می‌گیرند، به همین دلیل خستگی آن‌ها نیز به طول می‌انجامد (۳۱). با این حال هنوز سازوکارهای اثرگذار این مدل تمرینی بر شاخص‌های مختلف به‌خوبی اثبات نشده است. از طرفی، تلفیق دو شیوهٔ تمرینی محدودیت جریان خون و استفاده از شیوهٔ SSG این سؤال را در ذهن پژوهشگران متبادر کرده است، که آیا ترکیب این دو شیوهٔ تمرینی می‌تواند عملکردهای ویژهٔ یک فوتسالیست، فعال‌سازی عصبی آن‌ها در فوتسال را افزایش دهد یا خیر؟

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی است که با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون با سه گروه تجربی اجرا شد. نمونهٔ آماری ۱۸ فوتسالیست دانشگاهی با سن ۱/۴±۲۲/۶سال، قد ۰/۰۴±۱۷۴سانتی‌متر، وزن ۶/۱۱±۶۸/۲ کیلوگرم و شاخص تودهٔ بدنی ۱/۸۰±۲۲/۴ کیلوگرم بر مترمربع بودند که سابقهٔ بازی در تیم دانشگاه، مسابقات بین‌دانشگاهی و باشگاهی را داشتند.

تمام آزمودنی‌ها قبل از ورود به تحقیق توسط پزشک معاینه شدند و پزشک مجوز شرکت ایشان را در تحقیق صادر کرد و پس از آن، در سه گروه شش‌تایی شامل گروه تمرین بدون BFR (کنترل)، تمرین با BFR و تمرین با BFR متناوب قرار گرفتند. تحقیق حاضر مورد تأیید کمیتهٔ اخلاق پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی با مجوز IR.SSRI.REC.1396.187 است. همچنین رضایت‌نامهٔ کتبی مبنی بر شرکت داوطلبانه و آگاهانه در جلسات تمرین از آزمودنی‌ها دریافت شد. یک هفته (۲ جلسه) قبل از شروع برنامهٔ تمرین آزمودنی‌ها با شیوهٔ صحیح انجام پروتکل تمرینی آشنا شدند.

پروتکل پژوهش: در جدول ۱ پروتکل تمرین ارائه شده است. آزمودنی‌ها به مدت ۳ هفته و هفته‌ای ۳ جلسه پروتکل را اجرا می‌کردند، ۶ بازیکن در زمین با ابعاد۲۰ ×۲۰ متر، بازی حفظ توپ را به‌صورت ۳ در برابر ۳ به مدت ۳ دقیقه اجرا می‌کردند و بلافاصله به مدت ۲۰ ثانیه ۵ شوت با حداکثر توان به سمت دروازه با فاصلهٔ۱۰ متری انجام می‌دادند. استراحت بین هر نوبت ۲ دقیقه بود. برای القای محدودیت جریان خون از کاف (ساخت شرکت قامت‌پویان- ایران) ۸سانتی‌متری استفاده شد. فشار کاف از طریق محاسبهٔ درصدی از فشار خون سیستول هر فرد که در مطالعات پیشین نیز ذکر شده، تعیین شد (جدول ۱) (۳۲). محدودیت جریان خون در گروه BFR متناوب، به‌صورت یک نوبت در میان اعمال می‌شد، به‌طوری‌که در نوبت‌های فرد، محدودیت اعمال می‌شد و در نوبت‌های زوج بدون محدودیت جریان خون تمرین می‌کردند. تعداد جلسات تمرینی ۹جلسه بود که همهٔ آن‌ها در سالن نشاط دانشگاه خوارزمی و در دمای بین ۱۸تا ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد اجرا شد.

جدول ۱. پروتکل تمرینی۳ هفته بازی در زمین‌های‌کوچک همراه با محدودیت جریان خون

متغیرهای تمرین	۳جلسهٔ اول	۳جلسهٔ دوم	۳جلسهٔ سوم
نوع تمرین	۳ vs ۳	۳ vs ۳	۳ vs ۳
مدت زمان تمرین	۳ دقیقه	۳دقیقه	۳دقیقه
فشار محدودیت جریان خون	٪۱۱۰ سیستول	٪۱۲۰ سیستول	٪۱۳۰ سیستول
تعداد تکرار نوبت‌ها	۴	۶	۸
شدت تمرین (ضربه در دقیقه)	۱۷۰- ۱۹۰ ضربان قلب بیشینه	۱۷۰- ۱۹۰ ضربان قلب بیشینه	۱۷۰- ۱۹۰ ضربان قلب بیشینه
مدت استراحت	۲دقیقه	۲دقیقه	۲دقیقه

روش‌های آزمایشگاهی: تمام اندازه‌گیری‌های مربوط به مشخصات آنتروپومتریکی، الکترومیوگرافی (IEMG و RMS) و عملکردی (متغیرهای ایزوکینتیکی) در آزمایشگاه بیومکانیک و حرکات اصلاحی دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی و در دمای بین ۱۸ تا ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد انجام گرفت. زمان انجام اندازه‌گیری پیش و پس‌آزمون هر فرد در یک زمان ثبت شد، تا تأثیر ساعات زیستی بدن حذف شود، با این حال تأثیرات تغذیه کنترل نشد، ولی از دو ماه قبل تا انتهای پژوهش، آزمودنی‌ها هیچ‌گونه مکملی مصرف نکردند.

وزن شرکت‌کنندگان برحسب کیلوگرم با ترازوی دیجیتال با خطای کمتر از ۰/۱ کیلوگرم و قد برحسب سانتی‌متر با دستگاه قدسنج و خطای کمتر از ۰/۱ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. شاخص تودهٔ بدنی نیز برحسب کیلوگرم بر مترمربع و براساس وزن و قد هر فرد محاسبه شد.

پیش و پس از اجرای پروتکل تحقیق آزمون فعالیت الکتریکی[۳] عضلات راست رانی و دوسر رانی پای برتر در فعالیت‌های پرش سارجنت، شوت و لانگز با استفاده از دستگاه الکترومیوگرافی (نوراکسون مدل Desktop DTS Receiver، شرکت Noraxon ساخت آمریکا)، گرفته شد. این دستگاه دارای ۱۶کانال با فرکانس ۱۵۰۰HZ قابلیت ثبت فعالیت الکتریکی ۱۶عضله را به‌طور همزمان داراست. برای کاهش امپدانس الکتریکی در محل اتصال لیدها، ابتدا موهای زائد پوست از بین برده شد، سپس پوست با کاغذ سمبادهٔ ریز با فشار نرم و کنترل‌شده ساییده شده و آنگاه با استفاده از پنبهٔ آغشته به الکل تمیز شد. معیار رسیدن به سطح مطلوب امپدانس پوست (مقاومت کم) این بود که رنگ پوست به حالت قرمز روشن درمی‌آمد. سپس از لیدهای ژل مرطوب Ag و AgCl نوع SKINTACT برای اتصال به عضلات چهارسر ران و همسترینگ پای برتر استفاده شد. فاصلهٔ بین الکترودها دو سانتی‌متر بود (۳۳) و جایگاه‌های فعال الکترود روی پوست طبق دستورالعمل سنیام[۴] شناسایی شد (۳۴) و الکترودها نصب شدند. آزمودنی‌ها در حالت ثابت با حداکثر توان توپ فوتسال استار شمارهٔ ۴ (مدل FB۵۲۴-۰۵) را شوت زدند، هدف از ثابت بودن پای تکیه‌گاه تجزیه‌وتحلیل بیومکانیکی و فعال‌سازی عصبی در سه حالت پیش ضربه، ضربه و پس‌ضربه بود. سپس از آزمودنی خواسته شد که حداکثر پرش عمودی خود را انجام دهد و در اوج پرش با نوک انگشت صفحهٔ مخصوص دستگاه (JS-D۱۰۰ ساخت ژاپن) را لمس کند. این ارتفاع به‌عنوان حداکثر پرش عمودی به‌صورت دیجیتالی در دستگاه ثبت و توسط آزمونگر در برگهٔ مخصوص یادداشت می‌شد و در پایان آزمودنی حرکت لانگز را به‌نوعی که پای برتر جلو قرار می‌گیرد، ۳ مرتبه تکرار می‌کند. بین هر پروتکل، آزمودنی به مدت ۵ دقیقه استراحت می‌کرد تا اثر خستگی در نتایج حذف شود. تقویت‌کننده‌های بی‌سیمی از ابتدا تا پایان پروتکل به عضلات فرد متصل بودند و فرد با دستور آزمونگر و اپراتور حرکات را انجام می‌داد تا تحریکات و فعال‌سازی‌ها به‌درستی ثبت شوند. پس از ثبت اطلاعات در حافظهٔ دستگاه، این اطلاعات به نرم‌افزار (نوراکسون نسخهٔ MR ۳،۱۰،۶۴، شرکت Noraxon ساخت آمریکا)، منتقل و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها انجام شد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های EMG حرکت لانگز از شاخص IEMG[۵] و از RMS به‌منظور تحلیل داده‌های حرکت شوت و سارجنت به‌منظور ارزیابی فعالیت الکتریکی عضلات چهارسر ران و همسترینگ استفاده شد.

برای اندازه‌گیری داده‌های مربوط به متغیرهای ایزوکینتیکی، میانگین قدرت، مقدار کار برحسب وزن، مقدار خستگی کار و میانگین اوج گشتاور فوتسالیست‌ها، از پروتکل آزمون فلکشن- اکستنشن زانو با حداکثر قدرت به‌صورت درون‌گرا-درون‌گرا ۵ تکرار با سرعت زاویه‌ای ۶۰ درجه بر ثانیه و با استفاده از دستگاه ایزوکینتیک (بایودکس مدل Multi-joint System 3، شرکت Biodex ساخت آمریکا) و با پای برتر فوتسالیست‌ها انجام گرفت (۳۵). نحوهٔ آزمون به‌گونه‌ای بود که دستگاه ایزوکینتیک، پیش از اجرای آزمون‌ها کالیبره شد، تا دستگاه برای شروع آزمون‌گیری آماده و همچنین از صحت نتایج خروجی اطمینان حاصل شود. فرد مورد آزمون روی صندلی دینامومتر قرار گرفت، زاویهٔ تیلت پشتی صندلی ۸۵ درجه در نظر گرفته شد. محور دینامومتر در راستای محور چرخش زانو قرار گرفت (برای انجام این الگو از اپی‌کندیل خارجی ران به‌عنوان نشانگر استخوانی به‌عنوان محور چرخش زانو استفاده شد). به‌منظور جلوگیری و انسداد رگ‌ها، فضای مناسبی بین صندلی و ناحیهٔ پشت زانو در نظر گرفته شد. پد اتصال زانو در قسمت پروگزیمال قوزک داخلی مچ پا قرار داده شده و با استرپ ثابت شد. آزمون در دامنهٔ حرکتی ۹۰ درجهٔ فلکشن تا اکستنشن کامل زانو انجام گرفت و پس از پایان

پروتکل داده‌های مربوط به متغیرهای مذکور ایزوکنتیک در صفحهٔ نمایشگر دستگاه نمایش داده شده و خروجی گرفته می‌شد.

تحلیل آماری: از میانگین و انحراف معیار برای توصیف داده استفاده شد. برای بررسی توزیع طبیعی داده‌ها از آزمون شاپیروویلکس و برای مقایسهٔ بین‌گروهی از آزمون تحلیل واریانس دوراهه استفاده شد. همچنین از آزمون تی همبسته برای تعیین مقدار تفاوت بین پیش و پس‌آزمون استفاده شد. تمامی آزمون‌های آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($P\leq ۰/۰۵$) انجام گرفت. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۴ پردازش شد.

نتایج

متغیرهای الکترومیوگرافی تکنیک‌ها: میانگین و درصد تغییرات شاخص‌های الکترومیوگرافی تکنیک‌هایی مانند لانگز، شوت و پرش‌سارجنت که همهٔ این متغیرها در دو عضله، راست‌رانی و دوسررانی انجام گرفت، در جدول ۲ ارائه شده است. داده‌ها نشان داد حرکت لانگز عضلهٔ راست‌رانی ($P=۰/۰۰۰۲$) و دوسررانی ($P=۰/۰۵۶$) بین گروه‌ها پس از اجرای پروتکل تحقیق اختلاف معناداری دارد. آزمون تعقیبی توکی نشان داد، در مورد عضلهٔ راست‌رانی در حرکت لانگز، اختلاف بین گروه بدون اعمال محدودیت جریان خون با گروه‌های BFR ($P=۰/۰۰۰۱$) و BFR متناوب ($P=۰/۰۲۴$) است. همچنین اختلاف بین گروه بدون BFR با گروه BFR ($P=۰/۰۴۴$) در مورد عضلهٔ دوسررانی حرکت لانگز است. اما داده‌های شوت نشان داد که اختلاف معناداری بین گروه‌های پژوهش در عضلهٔ راست‌رانی ($P=۰/۹۳۱$) و عضلهٔ دوسررانی ($P=۰/۲۶۱$) وجود ندارد. همچنین داده‌های پرش سارجنت عضلهٔ راست‌رانی ($P=۰/۶۸۱$)، دوسررانی ($P=۰/۴۶۳$) و رکورد ($P=۰/۵۸۸$) نشان داد، اختلاف معناداری بین گروه‌های پژوهش وجود ندارد.

جدول ۲. یافته‌های فعالیت الکتریکی عضلات در اجرای تکنیک قبل و بعد از ۳ هفته بازی در زمین‌های کوچک همراه با محدودیت جریان خون

تکنیک	متغیر	گروه کنترل		گروه BFR		گروه BFR متناوب		اختلاف بین‌گروهی	
		پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	آمارهٔ F	ارزش P
لانگز	عضلهٔ راست‌رانی (میکروولت)	۷۴/۳ (۸/۲)	۸۱/۰ (۶/۲)	۷۴/۵ (۶/۶)	۱۱۵/۱ (۱۱/۹)	۷۵/۰ (۵/۷)	۱۰۱/۰ (۱۲/۷)	۱۰/۹۲۳	۰/۰۰۰۲
		۱۰/۴ (۱۸/۹)		#*(۱۶/۳) ۵۵/۰		#*(۱۲/۳) ۳۴/۶			
	عضلهٔ دوسررانی	۳۴/۵ (۵/۸)	۳۵/۱ (۳/۵)	۳۵/۱ (۵/۰)	۴۴/۸ (۴/۷)	۳۳/۸ (۵/۹)	۴۱/۱ (۴/۵)	۳/۱۷۲	۰/۰۵۶
		۳/۷ (۱۵/۳)		#*(۷/۸) ۲۸/۱		(۳۷/۵) ۲۶/۸			
شوت	عضلهٔ راست‌رانی (میکروولت)	۹۶/۱ (۱۱/۸)	۹۸/۱ (۲/۰)	۹۶/۱ (۹/۲)	۱۰۰/۳ (۵/۲)	۹۶/۳ (۸/۱)	۱۰۰/۱ (۸/۳)	۰/۰۷۲	۰/۹۳۱
		۳/۲ (۱۱/۶)		۵/۵ (۱۵/۲)		۴/۷ (۱۳/۹)			
	عضلهٔ دوسررانی	۷۴/۱ (۴/۹)	۷۵/۳ (۹/۵)	۷۵/۸ (۵/۲)	۸۱/۵ (۶/۵)	۷۴/۵ (۴/۲)	۷۶/۱ (۴/۹)	۱/۴۰۷	۰/۲۶۱
		۲/۰ (۱۵/۰)		۸/۰ (۱۲/۸)		۲/۶ (۱۱/۳)			
پرش سارجنت	عضلهٔ راست‌رانی (میکروولت)	۱۰۱/۱ (۱۰/۲)	۱۰۵/۰ (۶/۴)	۹۷/۵ (۷/۳)	۱۱۳/۱ (۸/۸)	۱۰۰/۸ (۸/۹)	۱۱۱/۱ (۸/۶)	۰/۳۸۹	۰/۶۸۱
		۴/۶ (۱۲/۲)		*(۸/۷) ۱۶/۳		(۱۲/۵) ۱۰/۸			

ادامه جدول ۲

تکنیک	متغیر	گروه کنترل		گروه BFR		گروه BFR متناوب		اختلاف بین‌گروهی	
		پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	آمارهٔ F	ارزش P
پرش سارجنت	عضلهٔ دوسررانی	۹۸/۶ (۸/۶)	۱۰۰/۸ (۱۰/۲)	۹۶/۸ (۸/۸)	۱۰۵/۵ (۱۲/۴)	۹۹/۸ (۶/۹)	۱۰۹/۱ (۸/۹)	۰/۷۹۰	۰/۴۶۳
		۲/۳ (۷/۶)		*۸/۷ (۵/۱)		۹/۶ (۱۰/۸)			
	رکورد پرش (سانتی‌متر)	۴۵/۵ (۲/۸)	۴۵/۱ (۲/۴)	۴۶/۵ (۴/۵)	۴۷/۵ (۴/۵)	۴۶/۱ (۲/۵)	۴۶/۳ (۵/۴)	۰/۵۴۱	۰/۵۸۸
		-۰/۶ (۱/۸)		*۲/۱ (۰/۲)		۰/۹ (۱۶/۳)			

*اختلاف درون‌گروهی، #اختلاف با گروه کنترل

متغیرهای دستگاه ایزوکینتیک: میانگین و درصد تغییرات شاخص‌های سنجیده‌شده از دستگاه ایزوکینتیک مانند قدرت ایزوکینتیک، مقدار کار برحسب وزن، مقدار خستگی کار و میانگین اوج گشتاور، که همهٔ این متغیرها در دو حرکت اکستنشن و فلکشن‌ران انجام گرفت، در جدول ۳ ارائه شده است. داده‌ها نشان داد قدرت ایزوکینتیک اکستنشن (P=۰/۰۱۴) و فلکشن (P=۰/۰۱۳) بین گروه‌ها پس از اجرای پروتکل تحقیق اختلاف معناداری داشت. آزمون تعقیبی توکی نشان داد در مورد قدرت ایزوکینتیک اکستنشن ران اختلاف بین گروه بدون اعمال محدودیت جریان خون با گروه‌های BFR (P=۰/۲۸۵) و BFR متناوب (P=۰/۰۱۱) است. همچنین اختلاف بین گروه بدون BFR با گروه‌های BFR (P=۰/۰۱۰) و BFR متناوب (P=۰/۴۹۱) است. اما داده‌های مقدار کار برحسب وزن نشان داد که اختلاف معناداری بین گروه‌های پژوهش در اکستنشن (P= ۰/۰۸۳) و فلکشن (P=۰/۱۴۱) ران وجود ندارد. همچنین داده‌های متغیر مقدار خستگی کار اکستنشن (P=۰/۳۶۹) و فلکشن (P=۰/۳۹۸) ران نشان داد، اختلاف معناداری بین گروه‌های پژوهش وجود ندارد. در پایان داده‌های متغیر میانگین اوج گشتاور نشان داد، بین گروه‌های تحقیق در حرکت اکستنشن (P=۰/۸۳۸) و فلکشن ران (P=۰/۱۴۹) اختلاف معناداری مشاهده نشد.

جدول ۳. یافته‌های متغیرهای مرتبط با دستگاه ایزوکینتیک قبل و بعد از ۳ هفته بازی درزمین‌های‌کوچک همراه با محدودیت جریان خون

متغیر	گروه کنترل		گروه BFR		گروه BFR متناوب		اختلاف بین‌گروهی	
	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	آمارهٔ F	ارزش P
قدرت اکستنشن (وات)	۱۲۷/۷ (۱۰/۲)	۱۴۵/۷ (۹/۱)	۱۲۵/۶ (۱۰/۶)	۱۶۰/۳ (۵/۳)	۱۲۷/۱ (۱۱/۰)	۱۷۱/۸ (۱۲/۴)	۴/۸۹	۰/۰۱۴
	*۱۴/۴ (۸/۹)		*۲۸/۴ (۱۳/۰)		#*۳۵/۶ (۱۱/۰)			
قدرت فلکشن (وات)	۵۷/۶ (۵/۶)	۶۶/۸ (۴/۹)	۶۰/۶ (۹/۶)	۷۹/۳ (۴/۰)	۵۶/۶ (۳/۱)	۷۳/۵ (۶/۵)	۵/۰۷	۰/۰۱۳
	*۱۷/۱ (۱۷/۰)		#*۳۳/۳ (۲۰/۱)		*۳۰/۴ (۱۸/۱)			
مقدار کار برحسب وزن اکستنشن (٪)	۲۷۵/۰ (۲۶/۳)	۳۷۶/۴ (۳۳/۴)	۲۷۴/۰ (۲۱/۷)	۳۹۶/۹ (۲۱/۲)	۲۷۳/۶ (۳۲/۸)	۴۲۱/۶ (۲۸/۴)	۲/۷۰	۰/۰۸۳
	*۳۴/۵ (۱۷/۱)		*۴۵/۴ (۱۱/۰)		*۵۶/۷ (۲۷/۱)			

ادامه جدول ۳

متغیر	گروه کنترل		گروه BFR		گروه BFR متناوب		اختلاف بین‌گروهی	
	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	آمارهٔ F	ارزش P
مقدار کار برحسب وزن فلکشن (٪)	۱۲۵/۰ (۱۶/۶)	۱۶۰/۱ (۸/۰)	۱۲۲/۲ (۱۶/۱)	۱۹۱/۱ (۹/۵)	۱۲۳/۲ (۱۱/۶)	۱۶۵/۰ (۳۴/۴)	۰/۱۴۱	۲/۰۹
	۲۸/۷ (۱۳/۳) *		۵۷/۹ (۱۵/۰)*		۳۵/۱ (۳۲/۷) *			
مقدار خستگی کار اکستنشن (٪)	۵/۳ (۳/۳)	۴/۳ (۱/۷)	۵/۴ (۳/۱)	۱/۴ (۰/۹)	۵/۵ (۳/۲)	۳/۱ (۰/۷)	۰/۳۶۹	۱/۰۳
	-۰/۸ (۵۹/۹)		-۶۰/۶ (۴۴/۱)*		-۲۱/۱ (۵۰/۲)			
مقدار خستگی کار فلکشن (٪)	۶/۷ (۳/۲)	۶/۵ (۲/۱)	۷/۱ (۲/۸)	۳/۷ (۱/۰)	۶/۲ (۳/۰)	۴/۷ (۱/۳)	۰/۳۹۸	۰/۹۴
	-۲/۴ (۱۸/۷)		-۴۱/۸ (۲۳/۱)*		-۱۵/۳ (۲۰/۴)			
میانگین اوج گشتاور اکستنشن (نیوتن‌برمتر)	۲۱۵/۸ (۱۸/۷)	۲۲۷/۲ (۱۹/۰)	۲۱۴/۵ (۱۲/۳)	۲۳۴/۵ (۱۷/۴)	۲۱۳/۵ (۲۲/۱)	۲۳۷/۸ (۱۴/۴)	۰/۸۳۸	۰/۱۷
	۶/۳ (۱۵/۱)		۹/۸ (۱۲/۸)		۱۲/۲ (۱۱/۹)*			
میانگین اوج گشتاور فلکشن (نیوتن‌برمتر)	۸۷/۳ (۸/۶)	۱۰۰/۳ (۸/۷)	۸۹/۳ (۵/۵)	۱۱۰/۱ (۶/۸)	۸۲/۴ (۱۴/۰)	۱۰۱/۹ (۱۱/۲)	۰/۱۴۹	۲/۰۲
	۱۶/۲ (۱۸/۹)		۲۳/۴ (۸/۱)*		۲۷/۱ (۲۹/۳) *			

*اختلاف درون‌گروهی، #اختلاف با گروه کنترل

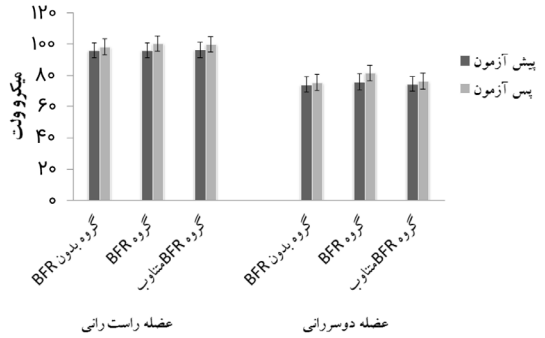
بحث و نتیجه‌گیری

هدف از تحقیق حاضر بررسی اثرگذاری پروتکل تمرینی ذکرشده بر شاخص‌های عصبی و عملکردی مرتبط با رشتهٔ فوتسال بود. محقق در پی بررسی تغییرات عصبی تکنیک‌هایی همچون لانگز، شوت، پرش و بررسی تغییرات عملکردی، مانند قدرت، کار، خستگی و اوج گشتاور بود، که آیا پس از پروتکل تمرینی سه‌هفته‌ای احتمال تغییر در فعال‌سازی عصبی عضلات راست‌رانی و دوسررانی، همچنین تغییرات عملکردی اگرچه اندک باشد، وجود دارد یا خیر؟ به‌طور کلی یافته‌های مطالعهٔ حاضر نشان‌دهندهٔ تغییرات معناداری در فعال‌سازی عصبی عضلانی، عضلات چهارسر ران و پشت ران فوتسالیست‌ها پس از ۳ هفته بازی در زمین‌های کوچک همراه با محدودیت جریان خون است. اما از آنجا که ایجاد تغییرات بارز در عملکرد ورزشکاران تمرین‌کرده بسیار سخت است (۳،۲)، ازاین‌رو بهبودی اندک در ورزشکاران تمرین‌کرده شاید به لحاظ آماری چشمگیر نبوده، اما می‌تواند به افراد تمرین‌کرده کمک شایانی در اجرای عملکرد کند.

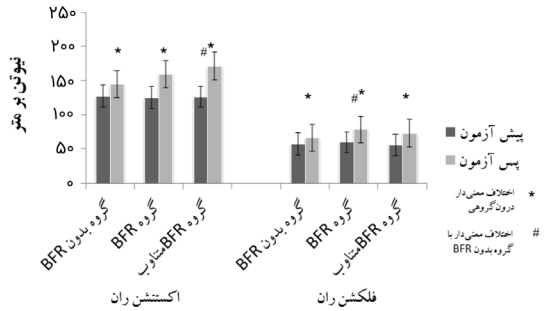
در تحقیق حاضر گروه‌های دارای محدودیت جریان خون (BFR و BFR متناوب)، فعال‌سازی عصبی بیشتری نسبت به گروه بدون BFR داشتند. در بررسی تکنیک‌های مرتبط با فوتسال، لانگز حرکتی است که بیشتر عضلات چهارسر ران و پشت ران را درگیر می‌کند (۳۶) که در حرکت لانگز افزایش معناداری در EMG عضلات راست‌رانی و دوسررانی گروه‌های دارای محدودیت جریان خون مشاهده شد (درصد تغییرات؛ گروه BFR (عضلهٔ راست‌رانی ۵۵٪ و عضلهٔ دوسررانی ۲۸٪) و گروه BFR متناوب (عضلهٔ راست‌رانی ۳۵٪ و عضلهٔ دوسررانی ۲۷٪)، که با نتایج تحقیق کارابولات و همکاران (۲۰۱۰) همسوست. آنها نشان دادند (۳۷) احتمالاً تجمع متابولیتی و اکسیژنی که مراتب کمتر در دسترس عضلات قرار می‌گیرد، موجب تحریک تارهای عصبی آوران و در نتیجه افزایش ترشح هورمون رشد

می‌شود، همچنین موجب خستگی سریع تارهای نوع I و دستیابی به سازگاری‌هایی همچون افزایش تحمل در برابر خستگی از طریق افزایش زمان رسیدن به تجمع لاکتات و همچنین افزایش ظرفیت لاکتات می‌شود (۳۹,۳۸) و احتمالاً دلیل معنادار شدن این گروه‌ها نیز همین باشد. همچنین حرکاتی مانند شوت و پرش که ماهیتی توانی و بی‌هوازی دارند و از جمله تکنیک‌های مهم در فوتسال برشمرده می‌شوند، بررسی شدند که فعال‌سازی عصبی حین شوت، بین و درون گروه‌ها معناداری مشاهده نشد، اما در گروه BFR در متغیر پرش افزایش معنادار درون‌گروهی داشت (درصد تغییرات؛ عضلهٔ راست‌رانی ۱۶٪، عضلهٔ دوسررانی ۹٪ و میزان پرش ۲٪). همان‌طورکه کوپمن و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند (۴۰)، تمرین BFR، به‌دلیل در دسترس نبودن اکسیژن، موجب فعال‌سازی بیشتر تارهای نوع II می‌شود، البته براساس شواهد دیگر افزایش فعالیت تارهای نوع II حین تمرین با BFR، حاکی از افزایش لاکتات عضلانی، لاکتات موجود در گردش خون و همچنین کاهش PH در مقایسه با افرادی است که در تمرین بدون محدودیت جریان خون با شدتی برابر انجام داده‌اند (۲۶). از طرفی، فرض تحقیق حاضر بر معناداری این متغیرها در گروه‌های BFR بود، که فقط در پرش سارجنت فرض ما به تحقق پیوست، اما در حرکت شوت اگرچه بیشترین درصد تغییرات عصبی (عضلهٔ راست‌رانی ۶٪ و عضلهٔ دوسررانی ۸٪) در گروه BFRبود، اما معناداری مشاهده نشد (شکل ۱). دلیل معنادار نشدن این متغیر را می‌توان با تعداد افراد کم در هر گروه (۶ نفر)، مقدار فشار تمرین، مقدار فشار محدودیت جریان خون، تعداد جلسات کم و زمان تمرین توجیه کرد، با این حال، اگر متغیر شوت با ثبت سرعت توپ، قدرت ضربهٔ واردشده و استقامت در شوت اندازه‌گیری می‌شد، احتمالاً معناداری گروه‌های BFR رخ می‌داد، که به پژوهشگران آینده توجه به این نکته، پیشنهاد می‌شود.

از آنجا که در ثبت متغیرهای ایزوکینتیک از پای برتر استفاده شد، شاید بتوان قدرت پای ضربه‌زننده در شوت را این‌گونه توجیه کرد، که قدرت در گروه‌های دارای محدودیت جریان خون افزایش یافته است و این معناداری احتمالاً نشان از فعال‌سازی بیشتر تارهای نوع II دارد (شکل ۲) (۳۸) که مطالعات با پیشین نیز همسوست (۴۲,۴۱). در بررسی میزان کار انجام‌گرفته



شکل ۱. فعالیت الکتریکی عضلات راست‌رانی و دوسررانی تکنیک شوت ، قبل و بعد از ۳ هفته بازی در زمین‌های کوچک همراه با محدودیت جریان خون



شکل ۲. قدرت فلکشن و اکستنشن ران، قبل و بعد از ۳ هفته بازی درزمین‌های‌کوچک همراه با محدودیت جریان خون

برحسب وزن نیز عدم معناداری بین‌گروهی مشاهده شد، البته همهٔ افراد گروه نسبت به پیش‌آزمون افزایش معنادار داشتند و علاوه‌بر افزایش معنادار همهٔ گروه‌ها، شاید این متغیر به‌دلیل دخیل بودن وزن در اندازه‌گیری معنادار نشده است، با این حال، بیشترین درصد تغییرات در گروه‌های دارای محدودیت جریان خون مشاهده شد (درصد تغییرات؛ اکستنشن ران ۴۵٪ و فلکشن ران ۵۸٪).

پس از بررسی شاخص خستگی از طریق دستگاه ایزوکینتیک، خستگی زودتر گروه‌های بدون BFR و BFR متناوب (به‌ترتیب، ۱- اکستنشن ران و ۳- فلکشن ران در گروه بدون BFR و ۲۱- اکستنشن ران و ۱۵- فلکشن ران در گروه BFR متناوب) مشاهده شد و گروه BFR با بیشترین درصد تغییرات (۶۰/۶- در اکستنشن و ۴۱/۸- در فلکشن) اختلاف معناداری نسبت به پیش‌آزمون داشت. در پایان، متغیر اوج گشتاور نیز اختلاف معنادار در گروه‌های BFR را نشان داد، که می‌توان گفت تمرین همراه با BFR، به‌دلیل در دسترس نبودن اکسیژن، موجب تجمع متابولیکی و تسریع خستگی تارهای نوع

I و در نتیجه فعال‌سازی بیشتر تارهای نوع II می‌شود و ملزوم به استفاده از مسیر متابولیسم غیرهوازی برای ادامهٔ فعالیت هستند که در رشتهٔ فوتسال ماهیتی بی‌هوازی دارد. برای اثبات این موضوع که فراخوانی تارهای نوع II در فعالیت همراه با BFR بیشتر است، لاندبرگ و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که غلظت فسفوکراتین در هر دو نوع تار I و II در پی تمرین با محدودیت جریان خون، کاهشی برابر با هنگام تمرین قدرتی با شدت بالا داشته است (۳۹,۳۸).

در پژوهش حاضر علاوه‌بر BFR مداوم از BFR متناوب نیز استفاده شد، که به‌طور کلی گروه BFR بیشترین تغییرات را نشان داد، اما در برخی متغیرها گروه BFR متناوب نیز علاوه‌بر افزایش معنادار نسبت به پیش‌آزمون، در بین گروه‌ها افزایش معناداری داشت، که با نتایج نتو و همکاران (۲۰۱۷) همسوست. آن‌ها نشان دادند اختلاف معناداری بین BFR مداوم و BFR متناوب در متغیرهای متابولیکی و شاخص‌هایی مانند DP[۶]، HR[۷] و RPE وجود ندارد (۴۳)، که در این پژوهش به بحث عصبی این دو گروه پرداخته شد و اختلاف معناداری مشاهده نشد. از طرفی، به‌نظر می‌رسد تمرین محدودیت جریان خون بیشتر از اینکه هایپرتروفی سارکوپلاسمی ایجاد کند و موجب تجمع پروتئین عضلانی شود، به هایپرتروفی سیتوپلاسمی منجر می‌شود، ازاین‌رو این سازوکار بر عملکرد ورزشکار اثری ندارد و حتی ممکن است موجب افزایش وزن شده و در ورزش‌های همراه با سرعت و چابکی مانند فوتسال، عامل منفی تلقی شود.

با جمع‌بندی نتایج تحقیق حاضر احتمالاً می‌توان گفت که اگرچه سه هفته بازی در زمین‌های کوچک همراه با محدودیت جریان خون موجب بهبود فعال‌سازی عصبی حین اجرای تکنیک‌های، لانگز، شوت و پرش در فوتسال شده است، برای توصیه به فوتسالیست‌ها برای استفاده از ترکیب دو روش BFR و SSG، به پژوهش‌های بیشتری در این زمینه نیاز است. البته تغییرات عملکردی در افراد تمرین‌کرده، چالش بزرگ مربیان است که در این پژوهش نتایج بهتری از لحاظ عملکردی در فوتسالیست‌ها مشاهده شد، اما کافی نیست. از دیگر نتایج این تحقیق می‌توان به تناوبی القا کردن محدودیت جریان خون اشاره کرد، که نتایجی مانند نتایج محدودیت جریان خون مداوم یا حتی بهتر نیز می‌تواند داشته باشد، چراکه اجرای تناوبی این روش فشار زیستی کمتری را بر فرد وارد می‌کند و موجب افزایش کارایی می‌شود، اگرچه نتایج ما بهبود در عملکرد را نشان می‌دهد، برای نتیجه‌گیری و توصیهٔ مربیان در حوزهٔ فوتسال به آزمایش‌ها و پژوهش‌های بیشتر در زمینه نیاز است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان تصریح می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص پژوهش حاضر وجود ندارد. پژوهش حاضر برگرفته از پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد آقای فرید فرحانی در دانشگاه خوارزمی تهران است. پژوهشگران از دانشجویان فوتسالیست دانشگاه خوارزمی و تمامی افرادی که همکاری خالصانه‌ای در اجرای این پروژه داشتند، صمیمانه سپاسگزارند.

پی‌نوشت‌ها

1. Small Saded Game
2. Blood Flow Restriction
3. Electromyography
4. SENIAM
5. Integrated EMG
6. Double product
7. Heart rate

منابع

1. Park JL, Fairweather MM, Donaldson DI. Making the case for mobile cognition: EEG and sports performance. Neurosci Biobehav Rev. 2015 May;52:117–30.
2. Antonio J, Peacock CA, Ellerbroek A, Fromhoff B, Silver T. The effects of consuming a high protein diet (4.4 g/kg/d) on body composition in resistance-trained individuals. J Int Soc Sports Nutr. 2014;11(1):19.
3. Nascimento PC do, De Lucas RD, Dal Pupo J, Arins FB, Castagna C, Guglielmo LGA. Efeito de quatro semanas de treinamento de sprints repetidos sobre índices fisiológicos em atletas de futsal. Rev Bras Cineantropometria e Desempenho Hum. 2014 Dec 29;17(1):91.
4. Moore R, Bullough S, Goldsmith S, Edmondson L. A Systematic Review of Futsal Literature. Am J Sport Sci Med. 2014 Mar 7;2(3):108–16.
5. Barbero-Alvarez JC, Soto VM, Barbero-Alvarez V, Granda-Vera J. Match analysis and heart rate of futsal players during competition. J Sports Sci. 2008 Jan;26(1):63–73.

6. Berdejo-del-Fresno D, Moore R, W. Laupheimer M. VO2max Changes in English Futsal Players after a 6-Week Period of Specific Small-Sided Games Training. Am J Sport Sci Med. 2015 Apr 13;3(2):28–34.
7. Castagna C, Barbero Álvarez JC. Physiological Demands of an Intermittent Futsal-Oriented High-Intensity Test. J Strength Cond Res. 2010 Sep;24(9):2322–9.
8. Busara J, CHENTANEZ T, PINTONG M, WIDJAJA W. the Effects of the 11+ Training Programme on Core Stability Performance in Adolescent in Adolescent Futsal Players. J Sport Sci Technol. 2015;15(1):57–65.
9. Tessitore A, Meeusen R, Pagano R, Benvenuti C, Tiberi M, Capranica L. Effectiveness of Active Versus Passive Recovery Strategies After Futsal Games. J Strength Cond Res. 2008 Sep;22(5):1402–12.
10. Vaeyens R, Lenoir M, Williams AM, Philippaerts RM. Mechanisms Underpinning Successful Decision Making in Skilled Youth Soccer Players: An Analysis of Visual Search Behaviors. J Mot Behav. 2007 Sep;39(5):395–408.
11. Benvenuti C, Minganti C, Condello G, Capranica L, Tessitore A. Agility assessment in female futsal and soccer players. Medicina (Kaunas). 2010;46(6):415–20.
12. Jones S, Drust B. Physiological and technical demands of 4 v 4 and 8 v 8 games in elite youth soccer players. Kinesiology. 2007;39(2):150–6.
13. Hill-Haas S V., Dawson BT, Coutts AJ, Rowsell GJ. Physiological responses and time–motion characteristics of various small-sided soccer games in youth players. J Sports Sci. 2009 Jan 15;27(1):1–8.
14. Iacono D, Eliakim A MY. Improving fitness of elite handball players: small-sided games vs. high-intensity intermittent training. J Strength Cond Res. 2015;29(3):835–843.
15. Sanchez-Sanchez J, Hernández D, Casamichana D, Martínez-Salazar C, Ramirez-Campillo R, Sampaio J. Heart Rate, Technical Performance, and Session-RPE in Elite Youth Soccer Small-Sided Games Played With Wildcard Players. J Strength Cond Res. 2017 Oct;31(10):2678–85.
16. Iturricastillo A, Yanci J, Granados C. Neuromuscular Responses and Physiological Changes During Small-Sided Games in Wheelchair Basketball. Adapt Phys Act Q. 2018 Jan;35(1):20–35.
17. Impellizzeri FM. Marcora SM. Castagna C. Reilly T. Sassi A. Iaia FM. Rampinini E. Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. Int J Sport Med. 2006;(27):483–92.
18. Remco Polman JB. Effects of SAQ Training and Small-Sided Games on Neuromuscular Function-ing in Untrained Subjects. Int J Sports Physiol Perform. 2009;(4):494–505.
19. Álvarez-Herms J, Julià-Sánchez S, Gatterer H, Blank C, Corbi F, Pagès T, et al. Anaerobic training in hypoxia: A new approach to stimulate the rating of effort perception. Physiol Behav. 2016 Sep;163:37–42.
20. B de OMCFCRD. Short-term low-intensity blood flow restricted interval training improves both aerobic fitness and muscle strength. Scand J Med Sci Sports. 2016;26(9):1017–25.
21. Luke Hughes, Bruce Paton, Ben Rosenblatt, Conor Gissane, Stephen David Patterson. Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. Br J Sport Med. 2017;51:1003–11.
22. Sudo M, Ando S, Kano Y. Repeated blood flow restriction induces muscle fiber hypertrophy. Muscle Nerve. 2017 Feb;55(2):274–6.
23. Scott BR, Loenneke JP, Slattery KM, Dascombe BJ. Exercise with Blood Flow Restriction: An Updated Evidence-Based Approach for Enhanced Muscular Development. Sport Med. 2015 Mar 28;45(3):313–25.
24. Manini T Yarrow J Buford T Clark B Conover C et. al. Growth hormone responses to acute resistance exercise with vascular restriction in young and old men. Growth Horm IGF Res. 2012;22(5):167–72.
25. Kawada S IN. Changes in skeletal muscle size, fi ber-type composition and capillary supply after chronic venous occlusion in rats. Acta Physiol Scand. 2007;(192):541 – 549.
26. Loenneke JP, Wilson GJ, Wilson JM. A mechanistic approach to blood flow occlusion. Int J Sports Med. 2010;31(1):1–4.
27. Yasuda T, Fukumura K, Fukuda T, Iida H, Imuta H, Sato Y, et al. Effects of low-intensity, elastic band resistance exercise combined with blood flow restriction on muscle activation. Scand J Med Sci Sports. 2014 Feb;24(1):55–61.
28. Kwang-Jun Ko, Gi-Chul Ha, Dong-Woo Kim S-JK. Effects of lower extremity injuries on aerobic exercise capacity, anaerobic power, and knee isokinetic muscular function in high school soccer players. J Phys Ther Sci. 2017;10(29):1715–9.
29. Halouani J, Chtourou H, Dellal A, Chaouachi A, Chamari K. Soccer small-sided games in young players: Rule modification to induce higher physiological responses. Biol Sport. 2017;34(2):163–8.
30. Kim H LB. The effects of Kinesio tape on isokinetic muscular function of horseracing jockeys. J Phys Ther Sci. 2013;25(10):1273–1277.
31. Vasilios Armatas, Eleni Bassa, Dimitrios Patikas IK, Georgios Zangelidis and CK. Neuromuscular Differences Between Men and Prepubescent Boys During a Peak Isometric Knee Extension Intermit-

tent Fatigue Test. Hum Kinet. 2010;(22):205–17.
32. Gualano B, Ugrinowitsch C, Neves Jr. M, Lima FR, Pinto ALS, Laurentino G, et al. Vascular Occlusion Training for Inclusion Body Myositis: A Novel Therapeutic Approach. J Vis Exp. 2010 Jun 5;(40).
33. Shima N, Ishida K, Katayama K, Morotome Y, Sato Y, Miyamura M. Cross education of muscular strength during unilateral resistance training and detraining. Eur J Appl Physiol. 2002 Feb 12;86(4):287–94.
34. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. J Electromyogr Kinesiol. 2000 Oct;10(5):361–74.
35. Cavalcante MLC, Teixeira PRL, Sousa TCS, Lima PO de P, Oliveira RR. Index of fatigue quadriceps in soccer athletes after anterior cruciate ligament reconstruction. Rev Bras Ortop (English Ed. 2016 Sep;51(5):535–40.
36. Bradbury-Squires DJ, Noftall JC, Sullivan KM, Behm DG, Power KE, Button DC. Roller-Massager Application to the Quadriceps and Knee-Joint Range of Motion and Neuromuscular Efficiency During a Lunge. J Athl Train. 2015 Feb;50(2):133–40.
37. Karabulut M, Cramer JT, Abe T, Sato Y, Bemben MG. Neuromuscular fatigue following low-intensity dynamic exercise with externally applied vascular restriction. J Electromyogr Kinesiol. 2010 Jun;20(3):440–7.
38. Lundberg G, Olofsson P, Ungerstedt U, Jansson E, Sundberg CJ. Erratum to: Lactate concentrations in human skeletal muscle biopsy, microdialysate and venous blood during dynamic exercise under blood flow restriction. Pflügers Arch - Eur J Physiol. 2002 Jan 23;443(3):458–65.
39. Fujita S, Abe T, Drummond MJ, Cadenas JG, Dreyer HC, Sato Y, et al. Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis. J Appl Physiol. 2007 Sep;103(3):903–10.
40. Koopman R, Zorenc AHG, Gransier RJJ, Cameron-Smith D, van Loon LJC. Increase in S6K1 phosphorylation in human skeletal muscle following resistance exercise occurs mainly in type II muscle fibers. Am J Physiol Metab. 2006 Jun;290(6):E1245–52.
41. GILES L. Blood-Flow Restriction Training: a Low-Load Alternative To Heavy Strength Training. Sport Heal. 2016;34(4):38–41.
42. Murphy PG, Dominguez D, Karabulut M. One Set to Failure per week Increases Strength More Effectively than Traditional Resistance Training. Med Sci Sport Exerc. 2018 May;50:420.
43. Neto GR, Novaes JS, Salerno VP, Gonçalves MM, Piazera BKL, Rodrigues-Rodrigues T, et al. Acute Effects of Resistance Exercise With Continuous and Intermittent Blood Flow Restriction on Hemodynamic Measurements and Perceived Exertion. Percept Mot Skills. 2017 Feb 13;124(1):277–92.