المپیک
فصلنامه

سال بیستم- شماره ۳ (پیاپی ۵۹) پاییز ۱۳۹۱

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۱
تاریخ تصویب: ۹۱/۳/۱۱

تأثیر تمرین پلایومتریک بر برخی سازگاری‌های عصبی و عملکردی بازیکنان نوجوان فوتبال

❖ **ابوذر کاوه‌ای**: کارشناس‌ارشد فیزیولوژی ورزش دانشگاه تربیت مدرس
❖ ❖ **دکتر رضا قراخانلو**: دانشیار دانشگاه تربیت مدرس*
❖ ❖ ❖ **دکتر حمید رجبی**: دانشیار دانشگاه تربیت معلم تهران
❖ ❖ ❖ ❖ **همتیار ابدالی**: کارشناس تربیت‌بدنی آموزش و پرورش شهرستان دلفان

چکیده:

هدف از پژوهش حاضر عبارت است از تعیین نقش سازگاری‌های عصبی در پی دورهٔ تمرین کوتاه‌مدت پلایومتریک به همراه تمرین فوتبال در بازیکنان نوجوان. در این پژوهش پانزده بازیکن نوجوان فوتبال با میانگین سن ۱۴/۲۶±۰/۸۹ سال، وزن ۴۰/۴±۸/۳ کیلوگرم، قد ۱۵۳/۵±۱۰/۴۳ سانتی‌متر، و چربی بدن ۷/۶۴±۲/۹ درصد به‌صورت در دسترس انتخاب و به روش تصادفی به دو گروه تقسیم شدند. در گروه اول هشت نفر تمرین پلایومتریک را در کنار مهارت‌های فوتبال و در گروه دوم هفت نفر فقط تمرین مهارت‌های فوتبال را به مدت شش هفته (شانزده جلسهٔ تمرین) انجام دادند. قبل و بعد از تمرین، عملکرد بازیکنان با آزمون‌های دو سرعت پنج متر، دو سرعت ده متر، چابکی، پرش از حالت ایستاده (CMJ) و بوسکو پنج و پانزده ثانیه ارزیابی شد. به منظور ارزیابی سازگاری‌های عصبی، قبل و بعد از دورهٔ تمرین الکترومایوگرافی سطحی (SEMG) از عضلات پهن جانبی و داخلی، و رفلکس هافمن از عضلهٔ نعلی انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر (طرح ۲×۲، زمان× گروه) استفاده شد و سطح معناداری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. همان‌طور که انتظار می‌رفت، گروه تمرین کاهش‌های معناداری در زمان دو سرعت پنج متر (۵/۹۷-٪)، دو سرعت ده متر (۴/۰۵-٪) و چابکی (۸/۹۹-٪) و افزایش‌های معناداری در SEMGعضلهٔ پهن جانبی (۳۶/۵۴٪)، CMJ (۱۲/۹۵٪)، بوسکو پنج ثانیه (۱۴/۰۸٪) و بوسکو پانزده ثانیه (۱۳/۸۴٪) نشان دادند که مؤثر بودن تمرین پلایومتریک را نشان داد. گروه کنترل تنها کاهش معناداری در زمان چابکی (۴/۷۲-٪) نشان داد. به هر حال، رفلکس هافمن در دو گروه تغییر معناداری نشان نداد. بنابراین، با توجه به نتایج، به نظر می‌رسد سازگاری‌های عملکردی در نتیجهٔ تمرین پلایومتریک کوتاه‌مدت در گروه مورد مطالعه احتمالاً منشأ عصبی دارد که این ممکن است به فراخوانی واحدهای حرکتی بیشتر و شلیک عصبی سریع‌تر مربوط باشد، اما به نظر نمی‌رسد رفلکس حرکتی در این سازگاری‌ها نقش داشته باشد. پژوهش حاضر استفاده از تمرین پلایومتریک را برای بهبود اعمال انفجاری دربازیکنان نوجوان فوتبال در ترکیب با تمرین فوتبال توصیه می‌کند تا تمرین فوتبال به تنهایی.

واژگان کلیدی: الکترومایوگرافی سطحی، پلایومتریک، رفلکس هافمن، عملکرد انفجاری، فوتبال.

***Email: ghara_re@modares.ac.ir**

www.SID.ir
Archive of SID

مقدمه

فوتبال رشته‌ای ورزشی با ماهیت متناوب است که به عوامل فیزیولوژیایی مختلفی نیاز دارد (۲۰، ۱). به همین دلیل، در فوتبال امروزی ملاحظات فیزیولوژیایی به‌طور فزاینده برای عملکرد بهینه نه تنها در بزرگسالان، بلکه در نوجوانان نیز ضروری است (۲۰). در حقیقت، ظرفیت بازیکنان فوتبال برای تولید نیروی متنوع و اعمال انفجاری، مانند دو سرعت، تکل، شوت، چرخش و تغییر جا تأثیر زیادی بر اجرای بازی فوتبال دارد (۲۰، ۱). همچنین، ظرفیت تکرار نوبت‌های انفجاری تعیین‌کنندهٔ مهم عملکرد بازیکنان است (۲۰).

برای مثال، هر چند دو سرعت با شدت بالا فقط ۳٪ از کل مسافت طی شده را در بازی نوجوانان شامل می‌شود، حیاتی‌ترین حرکات بازی مانند کسب مالکیت توپ، توپ‌گیری یا گل زدن به آن وابسته است (۷). به هر حال، تقریباً ۹۶٪ دوهای سرعتی کمتر از سی متر، و ۴۹٪ آن کمتر از ده متر است. بنابراین، اجرای دو سرعتی در مسافت‌های ده متر یا کمتر از شاخص‌های کلیدی بازیکنان فوتبال است (۲۳، ۸).

همچنین، شتاب اولیه[1]، پرش و چابکی اعمال انفجاری متنوعی‌اند که وقتی بازیکن درگیر بازی سریع است تعیین‌کننده‌اند. تجزیه و تحلیل بازی نیز اهمیت این کمیت‌ها را در فوتبال نشان داده است. در مجموع به نظر می‌رسد، چنین اعمال انفجاریی عناصر جدایی‌ناپذیر برای موفقیت در فوتبال‌اند و شاید تمرینات فوتبال به‌ویژه در افراد غیرنخبه نتواند تمام نیازها را برآورده کند. بنابراین، باید به صورت مستقل با برنامهٔ تمرینی مناسب تمرین داده شوند (۲۰).

در میان انواع تمریناتی که برای افزایش قابلیت‌های سرعتی و توانی در فوتبال استفاده می‌شوند، تمرین پلایومتریک برنامهٔ تمرینی مناسبی است که شواهد نشان داده اعمال انفجاری را بهبود می‌بخشد (۲۰). تمرین پلایومتریک به طور ویژه توانایی تولید نیروی عضلات را در سرعت‌های بالا (تولید توان) در حرکات پویا بهبود می‌بخشد. این حرکات با کشش در عضله و بلافاصله به دنبال آن انقباض انفجاری عضله همراه‌اند. این الگوی انقباض عضله را چرخهٔ کشش کوتاه شدن[2] (SSC) می‌نامند (۲۱). فعالیت‌های انفجاری در فوتبال نیز عمدتاً به انقباض عضلانی درگیر در چرخهٔ کشش کوتاه شدن نیاز دارند (۲۰). این چرخه توانایی سیستم عصبی و عضلانی- تاندونی را برای تولید نیروی حداکثر در کوتاه‌ترین زمان افزایش می‌دهد. در حقیقت، استفاده از تمرین پلایومتریک پلی میان قدرت و سرعت است و در سنین مختلف نیز کاربرد دارد (۱۹).

مطالعات پیشین نشان داده‌اند تمرین پلایومتریک اعمال انفجاری را در افراد بالغ و نابالغ با هر سطحی از قدرت پایه بهبود می‌بخشد. بنابراین، برخلاف برخی دیدگاه‌ها که پیش‌نیازهایی را برای تمرین پلایومتریک لازم می‌دانند، به دلیل وجود حرکات انفجاری مشابه در بازی فوتبال حتی در سطح نوجوانان، سطح قدرت خاصی برای شروع برنامهٔ پلایومتریک لازم به نظر نمی‌رسد (۲۰). بنابراین، برنامه‌های پلایومتریک فصل تعطیل مسابقه و قبل

1. initial acceleration
2. stretch-shortening cycle

www.SID.ir
Archive of SID

از شروع فصل نه‌تنها با قوی‌تر کردن ساختارهای حمایتی (رباط‌ها، تاندون‌ها و استخوان) و افزایش عملکرد عضلانی (قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و توان عضلانی) ساختارهای حمایتی را بهبود می‌بخشد، بلکه ممکن است وقوع آسیب در طول مسابقات را کاهش دهد (۲۰).

در خصوص اثرپذیری تمرینات پلایومتریک توافق همگانی وجود دارد، اما در خصوص سازوکارهای اثر این نوع تمرین به‌ویژه از منظر عصبی سؤال‌های بسیاری بی‌پاسخ مانده‌اند. پارامترهای نورولوژیایی قابل اندازه‌گیری مانند سرعت هدایت عضلانی، الکترومایوگرافی، فراخوانی واحد حرکتی و رفلکس هافمن همگی در پاسخ به فعالیت بدنی امکان تغییر دارند و سازوکارهای احتمالی بهبود عملکرد در نتیجهٔ تمرین پلایومتریک محسوب می‌شوند، شامل استفادهٔ بهتر از انرژی الاستیکی عضله، کاهش حساسیت اندام وتری گلژی، تغییر در جابه‌جایی موقت فعال‌سازی عضله برای کارآیی حرکتی بیشتر، فراخوانی ترجیحی واحدهای حرکتی سریع‌تر، شلیک عصبی سریع‌تر و تحریک‌پذیری نورون حرکتی (۹، ۸).

آنچه مسلم است کنترل عصبی حرکت شامل بخش‌های مرکزی و محیطی است، که در تولید نیروی بیشتر در حرکات نوع چرخهٔ کشش کوتاه شدن نقش کلیدی دارند. اهمیت خاص کنترل عصبی در فعال‌سازی عضله در مرحلهٔ قبل از برخورد پا با زمین (پیش‌فعال‌سازی) و تسهیل رفلکس در مرحلهٔ آخر برون‌گرا و نزدیک درون‌گراست (۱۹).

بیشتر گروه‌های پژوهشی که بر سازگاری عصبی حاصل از تمرین پلایومتریک تمرکز کرده‌اند از الکترومایوگرافی سطحی در طی حداکثر انقباض ارادی یا در طی پرش‌های عمودی به منظور پیدا کردن تغییرات در فعالیت عضلانی استفاده کرده‌اند (۱۹). هر چند در مبانی نظری، تحریک‌پذیری نورون حرکتی به طور متداول با استفاده از رفلکس هافمن ارزیابی می‌شود (۲۲، ۱۶)، این روش به ندرت در مطالعات پلایومتریک انسانی استفاده شده است (۱۹). از این رو، دانش فعلی ما در مورد تغییرات ناشی از تمرین پلایومتریک در بهبود عملکرد عصبی به‌ویژه در دوران قبل از پایان رشد محدود است (۲۶، ۱۹).

ویلک و همکارانش (۹) پیشنهاد کردند افزایش عملکرد عضلانی در نتیجهٔ تمرین پلایومتریک مربوط به سازگاری‌های عصبی است تا تغییرات ریخت‌شناسی.

دیالو و همکارانش (۱۱) نیز نشان دادند تمرین پلایومتریک کوتاه‌مدت در پسران ۱۲ ساله به‌طور معناداری عملکرد پرش را افزایش می‌دهد. به دلیل رخ ندادن هایپرتروفی عضلانی در این سن، این‌طور فرض شد که افزایش عملکرد به‌واسطهٔ فاکتورهای عصبی ایجاد شده است.

در مجموع، در مطالعات قبلی که اثر تمرین پلایومتریک را بر اعمال انفجاری بازیکنان بالغ و نابالغ بررسی کرده‌اند، تمرین پلایومتریک همواره بار اضافی همراه با فعالیت ورزشی منظم بوده است، به همین دلیل منجر به این سؤال شده است که آیا بهبود عملکرد نتیجهٔ روش تمرینی جدید و سازگاری‌های جدید بوده است یا فقط به دلیل بار تمرینی اضافی است. همچنین، تا آنجا که می‌دانیم فقط یک مطالعه اثر دورهٔ تمرین کوتاه‌مدت پلایومتریک را جزئی از برنامهٔ تمرین منظم فوتبال

Archive of SID
www.SID.ir

در طی فصل مسابقات در بازیکنان نزدیک بلوغ بر اعمال انفجاری بررسی کرده است که نقش احتمالی سازگاری‌های عصبی ناشی از تمرین پلایومتریک مانند تغییر فعالیت عصبی عضله و رفلکس حرکتی در افزایش عملکرد در آن بررسی نشده است.

از این‌رو، پژوهش حاضر برای بررسی بخشی از سازگاری عصبی و عملکردی در پی دورهٔ تمرین پلایومتریک کوتاه‌مدت (شش هفته) که جزئی از تمرین منظم فوتبال در بازیکنان نوجوان است طراحی شد.

روش شناسی

آزمودنی‌ها

بیست بازیکن نوجوان فوتبال ۱۳ تا ۱۵ ساله با نه ماه سابقهٔ منظم فوتبال در سطح تیم منتخب دانش‌آموزی شهرستان دلفان، به‌صورت در دسترس در این پژوهش مطالعه شدند. آزمودنی‌ها به روش تصادفی به دو گروه ده نفره تقسیم شدند. یک گروه شش هفته تمرین پلایومتریک به همراه مهارت‌های فوتبال (گروه اول، پلایومتریک) و گروه دیگر تمرین مهارت‌های فوتبال (گروه دوم، کنترل) را اجرا کردند. هیچ‌کدام از آزمودنی‌ها تمرین پلایومتریک را به‌صورت مستقل برای مدت شش ماه قبل از شرکت در مطالعه انجام نداده بودند. آزمودنی‌ها از روش‌های انجام آزمون‌ها و خطرات احتمالی مطلع شدند و آزمودنی‌ها و والدینشان رضایت‌نامهٔ کتبی را امضا کردند. پس از شروع برنامهٔ تمرینی، سه آزمودنی از گروه کنترل و دو آزمودنی از گروه تمرین قادر به ادامهٔ همکاری نشدند. ویژگی آزمودنی‌ها در جدول ۱ درج شده است. گروه‌ها از نظر سن ، قد، وزن و درصد چربی بدن اختلاف معناداری نداشتند ($P\geq ۰/۰۵$).

طرح تجربی و برنامهٔ تمرینی

قبل و بعد از شش هفته تمرین، از همهٔ آزمودنی‌ها آزمون‌های توان، چابکی، سرعت و الکترومایوگرافی سطحی از عضلهٔ پهن جانبی و پهن داخلی، و رفلکس هافمن از عضلهٔ نعلی گرفته شد. هر دو گروه تمرینی شش هفته (شانزده جلسهٔ تمرین) به‌طور دقیق تمرین کردند. مدت زمان هر جلسهٔ تمرین نود دقیقه (برنامهٔ تمرینی و تمرین مهارت‌های فوتبال) بود. تمامی

جدول ۱. ویژگی آزمودنی‌ها

	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	چربی بدن (درصد)
گروه پلایومتریک	۱۴/۲۶±۰/۸۳	۱۵۰/۱۲±۸/۸۵	۳۸/۳۱±۸/۲۲	۷/۸۳±۳/۰۵
گروه کنترل	۱۴/۲۵±۱/۰۳	۱۵۷/۶۴±۱۱/۳	۴۲/۸۴±۸/۴۳	۷/۴۳±۳/۰۱
مقدار t	۰/۰۲۱	-۱/۴۴	-۱/۰۵۲	۰/۶۸۱
ارزش P	۰/۹۸۳	۰/۱۷۲	۰/۳۱۲	۰/۸۰۶

www.SID.ir
Archive of SID

جدول ۲. برنامهٔ تمرین گروه پلایومتریک

هفته	تمرین	تکرار × دور
۱	۴۰- cm Hurdle Jumps	۶×۶
۲	۶۰- cm Hurdle Jumps	۶×۶
۳	۶۰- cm Hurdle Jumps	۶×۸
۴	۶۰- cm Hurdle Jumps	۶×۱۰
۵	۴۰- cm Drop Jumps	۶×۴
۶	۴۰- cm Drop Jumps	۶×۴

آزمون‌های عملکردی شامل سرعت، توان و چابکی در یک روز و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسهٔ تمرینی و آزمون‌های الکترومایوگرافی ۴۸ ساعت بعد از آن انجام شد. تمامی آزمودنی‌ها در دورهٔ آشناسازی با انجام آزمون‌ها (دو جلسه) شرکت کردند. برای آزمون‌های عملکردی هر آزمودنی دو تلاش انجام می‌داد (استراحت بین هر تلاش، دو دقیقه) که بهترین تلاش برای تجزیه و تحلیل استفاده شد. در تمامی آزمون‌ها برای بالا بردن انگیزهٔ آزمودنی‌ها در اجرای تلاش حداکثر، تشویق کلامی انجام می‌شد. در حالت ایستاده، آزمودنی‌ها فعالیت با شدت کم را به منظور حفظ آمادگی فیزیولوژیایی در اجرای آزمون بعدی انجام می‌دادند.

تمرین پلایومتریک

پروتکل تمرینی پلایومتریک از مطالعهٔ مارکوویچ و همکارانش (۱۸) انتخاب و با توجه به شرایط آزمودنی‌ها و انجام مطالعهٔ مقدماتی تا حدی تعدیل شد. هر دور پرش شامل شش پرش متوالی از روی مانع و با حداکثر ارتفاع و حداقل زمان تماس پا با زمین انجام می‌گرفت. فاصلهٔ موانع از همدیگر ۱ متر بود. هر دور پرش از حالت ایستاده[1](DJ) شامل شش ریباند بعد از پرش سقوطی از جعبهٔ ۴۰ سانتی‌متری بود. مکث بین هر ریباند حدوداً پنج ثانیه و استراحت بین دوره‌ها سه دقیقه بود. برنامهٔ تمرینی پلایومتریک به جای بخشی از تمرین مهارت‌های فوتبال گروه کنترل در برنامهٔ تمرین فوتبال گنجانده شد. مدت زمان تمرین پلایومتریک حدوداً ۲۵ دقیقه بود. بعد از تمرین پلایومتریک، تمرین گروه کنترل و پلایومتریک یکسان بود، و به مدت ۴۵ دقیقه تمرین فوتبال انجام می‌دادند. تمرین فوتبال شامل موارد زیر بود: انواع تکنیک‌ها (پاس‌های کوتاه و بلند با قسمت‌های مختلف پا، دریبل همراه با عبور از بین موانع، انواع کنترل توپ با قسمت‌های مختلف بدن و شوت از فواصل مختلف)، اصول دفاع یک در مقابل یک، جاگیری، بازی در فضاهای کوچک

1. drop jump

www.SID.ir
Archive of SID

(دو در مقابل دو، چهار در مقابل دو)، تاکتیک (راهبردهای سیستم سه- پنج- دو و مرور کارهای تاکتیکی در این سیستم).

شیوه‌های اندازه‌گیری

توان

برای اندازه‌گیری توان از سه آزمون پرش از حالت ایستاده، و بوسکو پنج و پانزده ثانیه‌ای استفاده شد. ارتفاع پرش از زمان پرواز پرش محاسبه شد (۱۰). زمان پرواز و توان پنج و پانزده ثانیه‌ای بوسکو با استفاده از تشک پرش (Ergo Jump Test, Satrap Company, Iran) اندازه‌گیری شد. در پرش از حالت ایستاده آزمودنی‌ها پرش را با حرکت سریع به سمت پایین شروع می‌کردند (زاویهٔ زانو تقریباً ۹۰ درجه) که چرخهٔ کشش کوتاه شدن آهسته (۲۵۰ میلی‌ثانیه≤SSC) را فعال کند (۲۰، ۱۹). در آزمون بوسکو به آزمودنی‌ها گفته شد تا جایی که ممکن است توالی پرش را مداوم و بدون وقفه (حداکثر پرش و حداقل تماس پا) برای پنج و پانزده ثانیه اجرا کنند (۶).

چابکی و سرعت

برای اندازه‌گیری سرعت از آزمون دو سرعت ده و پنج متر استفاده شد. زمان دو پنج و ده متر با استفاده از دستگاه مربوط (running timmer, Takie Kiki, Japan) اندازه‌گیری شد. چشم الکترونیکی به ارتفاع یک متر در خط شروع، پنج و ده متر قرار داده شد و آزمودنی در حالت ایستاده پشت خط شروع قرار می‌گرفت و با صدای شلیک تپانچه با تمام تلاش می‌دوید.

برای اندازه‌گیری چابکی از آزمون ده متر زیگزاگ استفاده شد، شامل چهار تغییر ۶۰ درجه‌ای. زمان چابکی با استفاده از سیستم اندازه‌گیری دو سرعت اندازه‌گیری شد. این آزمون به این دلیل انتخاب شد که به شتاب، کاهش شتاب و کنترل تعادل که شکل اصلی چابکی‌اند نیاز دارد (۲۰).

فعالیت عصبی عضلهٔ SEMG

بعد از آماده کردن دقیق پوست (تراشیدن مو، سایش و تمیز کردن با الکل) (۲۵، ۳)، فعالیت عصبی عضله هنگام انقباض ایزومتریک بیشینه در ۶۰ درجهٔ فلکشن زانو برای عضلات چهارسر ران با دستگاه اکستنشن زانو و بار دستگاهی غیر قابل حرکت انجام شد. پایایی این انقباض در این زاویه قبلاً نشان داده شده است (۱۲). عمل ایزومتریک عضله سه ثانیه طول می‌کشید و هر آزمودنی سه تکرار را انجام می‌داد. استراحت بین تکرارها یک دقیقه بود. هر چند مشابهت فعالیت عضلانی در زمان آزمون و نوع تمرین (اصل ویژگی) در تفسیر دقیق سازگاری‌ها کمک می‌کند، اما چون از آزمون‌های متنوع و متداول در بازی فوتبال استفاده شد، حرکت ایزومتریک در زاویهٔ ۶۰ درجه استفاده شد که به نظر می‌رسد در ایجاد حرکت در این آزمون‌ها به‌طور پایه مشارکت دارد. الکترودها در محور طولی عضلات قرار گرفتند. الکترود عضلهٔ پهن جانبی در یک‌چهارم فاصله از میانهٔ خط جانبی مفصل زانو تا خط فوقانی قدامی لگن خاصره و الکترود عضلهٔ پهن داخلی در یک‌پنجم فاصله از خط فوقانی قدامی لگن خاصره تا میانهٔ مفصل قرار گرفت (۱۲). فعالیت

www.SID.ir

عصبی به‌صورت میکروولت ثبت و فعالیت آمپلی‌تود EMG با دستگاه (E B Neuro system, Italy) پردازش شد.

رفلکس هافمن

برای ثبت رفلکس هافمن از روش مینوال و همکارانش (۱۹۹۳) و از عضلات پشت ساق استفاده شد. الکترود ثبات فعال در وسط خطی که چین حفرهٔ پشت زانو را به بخش قوزک داخلی متصل می‌کند قرار داده شد. الکترود مرجع بر روی تاندون آشیل قرار گرفت. عصب تی‌بیال خلفی در ناحیهٔ چین حفرهٔ پشت زانو تحریک شد، به‌طوری که الکترود تحریک فعال (کاتد) در بالا قرار داشت. زمان رفلکس هافمن بر حسب هزارم ثانیه اندازه‌گیری شد (۱۶).

روش‌های آماری

نتایج آزمون کلموگروف- اسمیرنف توزیع طبیعی را نشان داد. بنابراین، برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون‌های پارامتریک استفاده شد. برای مقایسهٔ بین گروه تمرین و کنترل و اثر تعاملی آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر (طرح ۲×۲، زمان×گروه) انجام شد. برای بررسی اثر تمرین بر متغیرهای وابسته آزمون t زوجی به کار رفت. اندازهٔ اثر (ES)[1] برای هر یک از متغیرها محاسبه شد (۱۸). اختلاف معنادار آماری نیز در سطح $P\leq ۰/۰۵$ تعیین شد.

یافته‌ها

نتایج پیش‌آزمون، پس‌آزمون و درصد تغییرات به تفکیک گروه‌ها در جدول ۳ و ۴ نشان داده شده است. هر دو گروه در پیش‌آزمون اختلاف معناداری نداشتند ($P\geq ۰/۰۵$).

- در آزمون دو سرعت پنج متر گروه تمرین کاهش معناداری نشان داد (P=۰/۰۰۲، ES=۱/۶، ۵/۹۷-٪). گروه کنترل تغییر معناداری نشان نداد (P=۰/۶۶). به هر حال تغییرات بین گروه‌ها (P=۰/۶۳۵، ES=۰/۶۲) و اثر تعاملی زمان× گروه بر میانگین تغییرات این متغیر معنادار نبود (F =۳/۹۴۵ ،P =۰/۰۶۹).
- در آزمون دو سرعت ده متر گروه تمرین کاهش معناداری نشان داد (P=۰/۰۱۳، ES=۰/۹، ۴/۰۵-٪). گروه کنترل تغییر معناداری نشان نداد (P=۰/۷۰). به هر حال تغییرات بین گروه‌ها (P=۰/۸۷۶، ES=۰/۳) و اثر تعاملی زمان× گروه بر میانگین تغییرات این متغیر معنادار نبود (F =۲/۷۵۷ ،P =۰/۱۲۱).
- گروه تمرین (P=۰/۰۰۱، ES = ۲/۱۷، ۸/۹۹-٪) و گروه کنترل (P= ۰/۰۱۴، ES= ۳/۷۵، ۴/۷۲-٪) در آزمون چابکی کاهش معناداری نشان دادند. به هر حال تغییرات بین گروه‌ها (P=۰/۲۹۲، ES=۲/۳۷) و اثر تعاملی زمان× گروه بر میانگین تغییرات این متغیر معنادار نبود (F =۳/۲۶۶ ،P =۰/۰۹۴).
- در آزمون CMJ گروه تمرین افزایش معناداری نشان داد (P= ۰/۰۴۱، ES= ۰/۳۶، ۱۲/۹۵٪). گروه کنترل تغییر معناداری نشان نداد (P=۰/۹۷). تغییرات بین گروه‌ها (P=۰/۰۳۶، ES=۳/۱۸) و اثر تعاملی زمان× گروه بر میانگین

1. effect size

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۳. داده‌های توصیفی آزمون‌های عملکردی قبل و بعد از تمرین و سطح معناداری (میانگین و انحراف معیار)

متغیر	گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	درصد تغییرات	ارزش P
سرعت ۵ متر(ثانیه)	تمرین	۱/۳۴±۰/۰۵	۱/۲۶±۰/۰۲	-۵/۹۷	۰/۰۰۲
	کنترل	۱/۳۲±۰/۰۸	۱/۳۱±۰/۰۷	-۰/۷۵	۰/۶۶
سرعت ۱۰ متر (ثانیه)	تمرین	۲/۲۲±۰/۱	۲/۱۳±۰/۰۵	-۴/۰۵	۰/۰۱۳
	کنترل	۲/۱۸±۰/۱	۲/۱۶±۰/۰۷	-۰/۹۱	۰/۷۰
چابکی (ثانیه)	تمرین	۵/۵۶±۰/۲۳	۵/۰۶±۰/۱۹	-۸/۹۹	۰/۰۰۱
	کنترل	۵/۵۵±۰/۰۸	۵/۲۵±۰/۱۷	-۵/۴۰	۰/۰۱۴
CMJ (سانتی‌متر)	تمرین	۲۷/۶۴±۹/۷۱	۳۱/۲۲±۸/۰۲	۱۲/۹۵	۰/۰۴۱
	کنترل	۲۲/۱۴±۲/۸۶	۲۲/۱۱±۲/۰۵	-۰/۱۳	۰/۹۷
بوسکو ۵ ثانیه	تمرین	۳۲/۸۷±۶/۹۳	۳۷/۵±۷/۷۲	۱۴/۰۸	۰/۰۴۳
(وات بر کیلوگرم)	کنترل	۳۲/۴۲±۶/۹۷	۳۳±۵/۷۷	۱/۷۸	۰/۵۹
بوسکو ۱۵ ثانیه	تمرین	۲۹/۷۵±۵/۹۲	۳۳/۸۷±۶/۲۴	۱۳/۸۴	۰/۰۰۲
(وات بر کیلوگرم)	کنترل	۲۷/۵۷±۴/۲۷	۲۸/۸۵±۴/۷	۴/۶۴	۰/۲۴

جدول ٤. داده‌های توصیفی آزمون‌های الکتروفیزیولوژیایی قبل و بعد از تمرین و سطح معناداری (میانگین و انحراف معیار)

متغیر	گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	درصد تغییرات	ارزش P
EMG عضلهٔ پهن	تمرین	۲۸۷/۳۲±۸۵/۹۵	۳۹۲/۳۱±۸۰/۷۶	۳۶/۵۴	۰/۰۵
جانبی (میکروولت)	کنترل	۲۳۶/۶۵±۴۲/۳۷	۲۵۱/۳±۱۱۰/۰۴	۶/۱۹	۰/۶۸
EMG عضلهٔ پهن	تمرین	۳۰۵/۶۳±۵۷/۶۰	۲۸۰/۶۸±۷۲/۲۷	-۸/۱۶	۰/۴۹
داخلی (میکروولت)	کنترل	۲۴۷/۰۴±۷۷/۹	۲۲۷/۴۲±۸۷/۶۹	-۷/۹۴	۰/۵۳
رفلکس هافمن	تمرین	۲۴/۷۶±۱/۸۳	۲۵/۰۲±۰/۶۴	۱/۰۵	۰/۵۳
(هزارم ثانیه)	کنترل	۲۵/۲۱±۲/۱۱	۲۶/۱۲±۲/۱۹	۳/۹۸	۰/۲۴

تغییرات این متغیر معنادار بود (P =۰/۰۳۶، F =۵/۴۷۸).

- گروه تمرین در آزمون بوسکو پنج ثانیه افزایش معناداری نشان داد (P= ۰/۰۴۳، ES=۰/۶۶، ۱۴/۰۸٪). گروه کنترل تغییر معناداری نشان نداد (P=۰/۵۹). به هر حال تغییرات بین گروه‌ها (P= ۰/۲۱۵، ES =۰/۶۴) و اثر تعاملی زمان× گروه بر میانگین تغییرات این متغیر معنادار نبود (P =۰/۲۴۴، F =۱/۴۹۱).

- در آزمون بوسکو ۱۵ ثانیه گروه تمرین افزایش

www.SID.ir

معنـاداری نشـان داد (P= ۰/۰۰۲، ES= ۰/۶۹، ۱۳/۸۴٪). گـروه کنتـرل تغییر معناداری نشـان نداد (P= ۰/۲۴). به هر حال تغییرات بین گروه‌ها (P= ۰/۰۹۹، ES= ۱/۱۷) و اثـر تعاملـی زمان× گـروه بر میانگین تغییرات این متغیر معنادار نبود (P= ۰/۱۱۳، F= ۲/۸۸۳).

- آمپلی‌تـود عضلهٔ پهن جانبی گـروه تمرین افزایش معنـاداری نشـان داد (P= ۰/۰۵، ES= ۱/۲۲، ۳۶/۵۴٪). گروه کنترل تغییر معناداری نشـان نداد (P= ۰/۶۸). تغییـرات بین گروه‌هـا (P= ۰/۰۱۱، ES= ۳/۳۲) معنادار بود. اثر تعاملی زمان× گروه بر میانگین تغییرات این متغیر معنادار نبود (P= ۰/۱۳۸، F= ۲/۴۹۸).
- آمپلی‌تـود عضلـهٔ پهن داخلـی و رفلکس هافمن در هـر دو گـروه تغییـر معنـاداری نشـان نداد (P≥ ۰/۰۵).

بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضـر سـازگاری‌های عملکردی و عصبی در پی شـش هفته تمریـن پلایومتریک در برنامهٔ تمرینی فوتبال در بازیکنان فوتبال بررسی شد. همان‌گونه که انتظار می‌رفت، پیشرفت‌های معناداری در دو سرعت پنج و ده متر، چابکی، CMJ، بوسکو پنج و پانزده ثانیه، و فعالیت عصبی عضلهٔ پهن جانبی (SEMG) در گروه تمرین مشـاهده شـد. ولی در گروه کنتـرل فقط پیشـرفت معنـاداری در چابکی مشاهده شد که نشان‌دهندهٔ اهمیت تمرین توانی ویژه در بهبود اعمال انفجاری بازیکنان فوتبال است که در تحقیقات پیشین نیز نشان داده شده است (۱۸).

چندیـن پژوهش قبلی پیشـنهاد کردنـد تمرین پلایومتریک به دلیل اسـتفاده از چرخهٔ کشش کوتاه شـدن توانایی دویدن سـریع را افزایش می‌دهد (۸). پژوهش حاضر نیز بهبود دو سـرعت در مسافت‌های پنج و ده متر را نشـان داد. کاهـش معنادار در زمان دو سـرعت پنج متـر (۵/۹۷-٪) و ده متر (۴/۰۵-٪) نشـان‌دهندهٔ کارایی برنامـهٔ پلایومتریک برای بهبود اعمال انفجاری ویژه بود. درصد تغییرات در عملکرد شـتاب اولیه بعد از دورهٔ تمریـن در پژوهش حاضر مطابـق یافته‌های قبلی در شـتاب اولیـه در نوجوانان است (۲۰).

سـزار و همکارانـش (۲۰۰۹) بهبـود زمـان دو سـرعت ده متر را در بازیکنان نزدیـک بلوغ فوتبال در پی هشـت هفته تمرین پلایومتریک نشان دادند. سـوهایل و همکارانـش (۲۰۱۰) نیـز در زمـان دو سرعت پنج متر در بازیکنان بالغ فوتبال در پی هشت هفته تمرین پلایومتریک در فصل مسـابقات کاهش معناداری نشان دادند.

در مقابل کیوین و همکارانش (۲۴) اثر دو شیوهٔ تمریـن پلایومتریک را بر سـرعت پنج، ده، پانزده و بیسـت متر در بازیکنان بالغ فوتبال بررسی کردند که تغییر معناداری نشـان ندادند. هیرو و همکارانش (۸) نیز تغییر معناداری در دو بیسـت متر سرعت با تمرین پلایومتریک نشـان ندادند. همچنیـن، مارکوویچ و همکارانش (۱۸) بهبودی در دو بیسـت متر سـرعت با تمرین پلایومتریک نشـان ندادنـد. برنامهٔ تمرینی پژوهش حاضر بسـیار مشـابه با برنامهٔ آن‌ها بود. این اختلافـات ممکن اسـت بـه دلیل تفاوت در سـطح آمادگی آزمودنی‌هـا (دانشـجویان تربیت بدنی در مقابل بازیکنان فوتبال) باشـد. عامل دیگری که باید اضافه کرد این است که احتمالاً در بازیکنان نوجوان

www.SID.ir
Archive of SID

به دلیل پایین بودن توانایی مهارتی، فشار جسمانی زیادی به بازیکنان در زمان بازی فوتبال وارد نمی‌شود، بنابراین تمرین پلایومتریک احتمالاً اثر بیشتری بر این گروه دارد. پژوهش‌های پیشین نشان دادند بیشترین انتقال تمرین پلایومتریک به عملکرد دو سرعت در مرحلهٔ شتاب (زیر ده متر) است. در پژوهش حاضر این مرحلهٔ کلیدی از دو سرعتی انتخاب شده بود. پیشنهاد شده مشابهت زمان‌های تماس پا با زمین در تمرین پلایومتریک و دو سرعت در طی مرحلهٔ شتاب باعث این انتقال می‌شود (۲۱، ۱۹).

آزمون چابکی در پژوهش حاضر به‌دلیل زمان کوتاه (چهار تا پنج ثانیه) انتخاب شد. پژوهش‌های پیشین در بازیکنان بالغ و نزدیک بلوغ از آزمون‌های چابکی متفاوتی استفاده کرده بودند که هفت تا نوزده ثانیه طول می‌کشید و کل مسافت طی شده چهل تا پنجاه متر بود که برای فوتبال مناسب به نظر نمی‌رسد (۲۰). به هر حال هر دو گروه تمرینی و کنترل کاهش معناداری در زمان آزمون چابکی نشان دادند (گروه تمرین ۸/۹۹٪- و گروه کنترل ۵/۴٪-).

پژوهش دیگری از این تست چابکی استفاده کرده بود (۲۰) که نتایج ما در بهبود زمان آزمون چابکی (۸/۹۹٪-) در گروه تمرین با نتایج آن‌ها (۹/۶٪-) مطابق بود. کاهش زمان آزمون چابکی در گروه کنترل ممکن است به دلیل اثر تمرین مهارتی فوتبال و یا اثر یادگیری باشد، به دلیل اینکه چابکی به غیر از جنبهٔ بدنی جنبهٔ شناختی (فرایند تصمیم‌گیری) را نیز شامل می‌شود (۱۹). هر چند باید خاطر نشان کرد در پژوهش حاضر دورهٔ آشناسازی قبل از پیش‌آزمون انجام شده بود که اثر یادگیری را به حداقل می‌رساند. بیشتر حرکات چابکی نیازمند انتقال سریع عمل درون‌گرای عضله به برون‌گرا در عضلات بازکنندهٔ پاست (عملکرد چرخهٔ کشش کوتاه‌شدن عضله). بنابراین، پیشنهاد شده است تمرین پلایومتریک زمان تماس پا با زمین را از طریق برون‌ده نیروی عضلانی و کارایی حرکت کاهش می‌دهد، از این‌رو تأثیر مثبتی بر اجرای چابکی دارد. بیشتر پژوهش‌های قبلی بهبود در اجرای چابکی را نشان دادند که دامنهٔ این بهبودها از ۱/۵٪ تا ۱۰/۲٪ بوده است (۱۹).

در آزمون‌های توانی شامل CMJ، بوسکو پنج و پانزده ثانیه، گروه تمرین افزایش معناداری نشان دادند. مطالعهٔ فراتحلیل به تازگی پیشنهاد کرده است تمرین پلایومتریک اثر بیشتری بر CMJ نسبت به پرش از حالت اسکات دارد. پژوهش مارکوویچ و همکارانش (۱۹) این یافته‌ها را تأیید کرده است. بررسی‌های تمرین پلایومتریک در نوجوانان نیز این یافته‌ها را تأیید می‌کند (۲۰). تمرین پلایومتریک منحصراً بر چرخهٔ کشش کوتاه شدن عضله استرس وارد می‌کند و فعالیت‌های انفجاری در فوتبال عمدتاً به انقباض عضلانی درگیر در چرخهٔ کشش کوتاه شدن نیاز دارند (۲۰). از این‌رو، در پژوهش حاضر آزمون‌های توانی درگیر در این چرخه بررسی شدند. افزایش در ارتفاع CMJ در گروه تمرین (۱۲/۹۵٪) با نتایج قبلی بعد از تمرین پلایومتریک در نوجوانان مطابق بود (۷).

سزار و همکارانش (۲۰۰۹) افزایش در ارتفاع CMJ در پی هشت هفته تمرین پلایومتریک در بازیکنان نزدیک بلوغ را نشان دادند. همچنین،

www.SID.ir

جانسون و همکارانش (۱۷) در پژوهشی مروری نشان دادند تمرین پلایومتریک ارتفاع پرش کودکان ۷ تا ۱۴ ساله را افزایش می‌دهد. میزان تغییرات گروه تمرین در ارتفاع CMJ نسبت به گروه کنترل در پس‌آزمون معنادار بود (P= ۰/۰۳۶). هر دو گروه پژوهش حاضر در آزمون‌های بوسکو پنج و پانزده ثانیه افزایش داشتند که این افزایش فقط در گروه تمرین معنادار بود (بوسکو پنج ثانیه، ۱۴/۰۸٪ در برابر ۱/۷۸٪، بوسکو پانزده ثانیه ۱۳/۸۴٪ در برابر ۴/۶۴٪). این یافته‌ها ممکن است به دلیل ماهیت برنامهٔ تمرین پلایومتریک باشد. تا آنجا که می‌دانیم این اولین پژوهشی است که تأثیر تمرین پلایومتریک را بر آزمون بوسکو پنج و پانزده ثانیه در بازیکنان نزدیک بلوغ فوتبال بررسی می‌کند. پرش‌های متوالی ظرفیت هر دو سیستم عصبی- عضلانی و سوخت‌وسازی ورزشکار را برای حفظ توان بیشینه برای دورهٔ زمانی مشخص ارزیابی می‌کند. تمرین پلایومتریک همچنین سیستم عصبی- عضلانی و سوخت‌وسازی را تقویت می‌کند (۶). تعداد پرش‌ها در بوسکو پنج و پانزده ثانیه به طور میانگین به ترتیب ۷ و ۲۳ پرش بود که در تمرین پلایومتریک تعداد تکرارها در هر دور شش بوده است. بنابراین، احتمالاً افزایش بیشتر در آزمون بوسکو پنج ثانیه نسبت به بوسکو پانزده ثانیه به علت شباهت بیشتر تکرارها در آزمون بوسکو پنج ثانیه با روش تمرینی است.

در پژوهش حاضر هر دو گروه در فعالیت عصبی عضلهٔ پهن جانبی افزایش داشتند که این افزایش در گروه تمرین معنادار بود. آمپلی‌تود سیگنال EMG در گروه تمرین ۳۶/۵۴٪ و در گروه کنترل ۶/۱۹٪ افزایش داشت. این افزایش نسبت به گروه کنترل معنادار بود (P =۰/۰۱۱). فعالیت عصبی در عضلهٔ پهن داخلی در هر دو گروه کاهش نشان داد که این کاهش در هر دو گروه معنادار نبود. نتایج ما با یافته‌های قبلی که گزارش کرده بودند ترکیب تمرین پلایومتریک و قدرتی باعث افزایش معناداری در فعالیت عضلهٔ بازکنندهٔ پا در حداکثر انقباض ایزومتریک می‌شود مطابق بود (۱۵، ۱۴) ولی با گزارش کایرولاینن و همکارانش (۲۰۰۵) که نشان دادند تمرین پلایومتریک به طور معناداری حداکثر انقباض ارادی و فعالیت عضلانی پلانتار فلکسورها را افزایش می‌دهد، اما بر بازکننده‌های زانو تأثیر ندارد مطابقت نداشت (۱۹). در پژوهش حاضر تمرین پلایومتریک تنها فعالیت عصبی عضلهٔ پهن جانبی را افزایش داد و تأثیری بر عضلهٔ پهن داخلی نداشت. تا آنجا که می‌دانیم هیچ پژوهشی چنین تغییراتی را گزارش نکرده است. این ممکن است به دلیل ماهیت برنامهٔ تمرین اجرا شده در پژوهش حاضر باشد که بیشتر عضلهٔ پهن جانبی را درگیر می‌کند و واحدهای حرکتی بیشتری فراخوان می‌شوند.

تغییرات در آمپلی‌تود EMG در پژوهش حاضر بررسی شد و به تغییرات در تحریک اعصاب مرکزی یا فاکتورهای عضلانی مربوط می‌شود. این تغییرات شبکهٔ تحریک عصبی به عضله را افزایش می‌دهد (۱۳، ۴). توضیح ساده در مورد اثر تمرین بر آمپلی‌تود EMG احتمالاً این است که تمرین باعث فراخوانی واحدهای حرکتی بیشتری (۱۳،۲) یا شلیک عصبی سریع‌تری شده است (۱۳). در پژوهش حاضر، درصد تغییرات عملکردی در دو سرعت پنج متر (۵/۹۷-٪)، دو سرعت ده متر (۴/۰۵-٪)، چابکی (۸/۹۹-٪)، CMJ (۱۲/۹۵٪)، بوسکو پنج ثانیه

www.SID.ir
Archive of SID

(۱۴/۰۸٪)، و بوسکو پانزده ثانیه (۱۳/۸۴٪) همسو با افزایش معنادار در SEMG عضلهٔ پهن جانبی (۳۶/۵۴٪) است. این نتایج نشان می‌دهند افزایش فعالیت عصبی عضله در بهبود عملکرد بازیکنان نقش دارد.

رفلکس هافمن در هر دو گروه تمرین تغییر معناداری نکرد. روس و همکارانش (۲۲) پیشنهاد کردند تمرین سرعتی و توانی رفلکس هافمن با کاهش در فعال‌سازی نورون حرکتی به دلیل تغییر در مهار پیش‌سیناپسی یا افزایش تبدیل واحد حرکتی کند به تند کاهش می‌یابد. ویت و همکارانش (۲۷) تغییرات در بازتاب هافمن را در پی چهار هفته تمرین جهشی بررسی کردند که به‌طور قابل توجهی رفلکس هافمن در طی جهش کاهش پیدا کرد. آلمیدا و همکارانش (۱۹۹۶) نیز کاهش در دامنهٔ رفلکس هافمن و درصد تارهای کندتنش را نتیجهٔ تمرین تداخلی پلایومتریک نشان دادند (۲۲). عدم تغییر در رفلکس هافمن در پژوهش حاضر ممکن است به دلیل اندازه‌گیری آن در زمان استراحت باشد. اگارد و همکارانش (۵) نشان دادند رفلکس هافمن بین ورزشکاران استقامتی و توانی در زمان استراحت احتمالاً به دلیل افزایش مهار پیش‌سیناپسی متفاوت نیست. به همین منظور رفلکس هافمن باید در انقباض واقعی اندازه‌گیری شود که احتمالاً مهار پیش‌سیناپسی کاهش پیدا می‌کند (۵).

نتیجه‌گیری

به لحاظ نظری، نتایج تحقیق این رویکرد را تقویت می‌کند که سازگاری‌های عملکردی ناشی از تمرین پلایومتریک هدف‌مند که به احتمال زیاد منشأ عصبی دارد، احتمالاً به فراخوانی واحدهای حرکتی بیشتر و شلیک عصبی سریع‌تر مربوط می‌شود. از منظر کاربردی نیز پژوهش حاضر استفاده از تمرین پلایومتریک در ترکیب با تمرین فوتبال نسبت به تمرین فوتبال به تنهایی برای بهبود اعمال انفجاری را توصیه می‌کند، چرا که این بهبودها به طور مؤثری به عملکرد در بازی انتقال پیدا می‌کند.

www.SID.ir

منابع

۱. فرامـرزی، محمد؛ قراخانلو، رضا؛ چوبینه، سـیروس،۱۳۸۹، نیمرخ آمادگی جسـمانی بازیکنان زبدهٔ فوتبال ایران، المپیک (۴۹): ۱۴۰-۱۲۷.

۲. کردی، محمدرضا؛ ابراهیمی، اسـماعیل؛ قراخانلو، رضا؛ گائینی، عباسعلی ،۱۳۸۳، بررسی و مقایسهٔ سه شیوهٔ پرش‌های عمقی بر شـاخص‌های الکترومایوگرافی در ورزشکاران ۱۶ تا ۱۸ سالهٔ باشگاهی، المپیک (۲۶): ۳۶-۲۱.

۳. محبـی، حمید؛ نورسـته، علی‌اصغر؛ فراهانـی، همایون، ۱۳۸۸، مقایسـهٔ فعالیـت الکترومیوگرافی عضلات اکستنسور و فلکسور زانو در دو شیوهٔ مختلف حرکت اسکات، المپیک (۴۶): ۱۶-۷.

4. **Aagaard, P. (2004). "Making muscles "stronger": Exercise, nutrition, drugs". Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions. 4(2): 165-74.**

5. **Aagaard P.; Simonsen, E.B.; Andersen, J.L. (2009). "Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. Neural adaptation to resistance training: Changes in evoked V-wave and H-reflex responses". Journal of Applied Physiology. 92(6): 2309-18.**

6. **Bosco, C.; Luhtanen, P.; Komi, P.V. (1983). "A simple method for measurement of mechanical power in jumping". European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 50(2): 273-82.**

7. **Castagna, C.; D'Ottavio, S.; Abt, G. (2003). "Activity Profile of Young Soccer Players During Actual Match Play". Journal of Strength and Conditioning Research. 17(4): 775-80.**

8. **Chelly, M.S.; Ghenem, M.A.; Abid, K.; Hermassi, S.; Tabka, Z.; Shephard, R.J. (2010). "Effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump-and sprint performance of soccer players". Journal of Strength and Conditioning Research. 24(10): 2670-6.**

9. **Chimera, N.J.; Swanik, K.A.; Swanik, C.B.; Straub, S.J. (2004). "Effects of Plyometric Training on Muscle-Activation Strategies and Performance in Female Athletes". Journal of Athletic Training. 39(1): 24-31.**

10. **Cronin, J.B.; Hansen, K.T. (2005). "Strength and power predictors of sports speed". Journal of Strength and Conditioning Research. 19(2):349-57.**

11. **Diallo, O.; Dore, E.; Duche, P., et al (2001). "Effects of plyometric training followed by a reduced training program on physical performance in prepubescent soccer players". J Sports Med Phys Fitness, 41: 342-8.**

12. **Fauth, M.L.; Petushek, E.J.; Feldmann, C.R.; Hsu, B.E.; Garceau, L.R.; Lutsch, B.N., et al. (2010). "Reliability of surface electromyography during maximal voluntary isometric contractions, jump landings, and cutting". Journal of Strength and Conditioning Research. 224(4): 1131-7.**

13. **Felici, F. (2006). "Neuromuscular responses to exercise investigated through surface EMG". Journal of Electromyography and Kinesiology. 16(6): 578-85.**

14. **Hakkinen, K.; Komi, P.V.; Alen, M. (1985). "Effect of explosive type strength training on isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles". Acta Physiologica Scandinavica. 125(4): 587-600.**

15. **Hakkinen, K.; Pakarinen, A.; Kyrolainen, H.; Cheng, S.; Kim, D.H.; Komi, P.V. (1990). "Neuromuscular adaptations and serum hormones in females during prolonged power training". International Journal of**

www.SID.ir
Archive of SID

Sports Medicine. 11(2): 91-8.

16. **Holtermann, A.; Roeleveld, K.; Engstrøm, M.; Sand, T. (2007). "Enhanced H-reflex with resistance training is related to increased rate of force development". European Journal of Applied Physiology. 101(3): 301-12.**
17. **Johnson, B.A.; Salzberg, C.L.; Stevenson, D.A. (2011). "A systematic review: Plyometric training programs for young children". Journal of Strength and Conditioning Research. 25(9): 2623-33.**
18. **Markovic, G.; Jukic, I.; Milanovic, D.; Metikos, D. (2007). "Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance". Journal of Strength and Conditioning Research. 21(2): 543-9.**
19. **Markovic, G.; Mikulic, P. (2010). "Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training". Sports Medicine. 40(10): 859-95.**
20. **Meylan, C.; Malatesta, D. (2009). "Effects of in-season plyometric training within soccer practice on explosive actions of young players". Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association. 23(9): 2605-13.**
21. **Rimmer, E.; Sleivert, G. (2000). "Effects of a Plyometrics Intervention Program on Sprint Performance". Journal of Strength and Conditioning Research. 14(3): 295-301.**
22. **Ross, A.; Leveritt, M.; Riek, S. (2001). "Neural influences on sprint running training adaptations and acute responses". Sports Medicine. 31(6): 409-25.**
23. **Stølen, T.; Chamari, K.; Castagna, C.; Wisløff, U. (2005). "Physiology of soccer: An update". Sports Medicine. 35(6): 501-36.**
24. **Thomas, K.; French, D.; Hayes, P.R. (2009). "The effect of two plyometric training techniques on muscular power and agility in youth soccer players". Journal of Strength and Conditioning Research. 23(1): 332-5.**
25. **Urabe, Y.; Kobayashi, R.; Sumida, S.; Tanaka, K.; Yoshida, N.; Nishiwaki, G.A., et al. (2005). "Electromyographic analysis of the knee during jump landing in male and female athletes". Knee. 12(2): 129-34.**
26. **Van Praagh, E.; Doré, E. (2003). "Short-term muscle power during growth and maturation". Sports Medicine. 32(11): 701-28.**
27. **Voigt, M.; Chelli, F.; Frigo, C. (1998). "Changes in the excitability of soleus muscle short latency stretch reflexes during human hopping after 4 weeks of hopping training". European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 78(6): 522-32.**

Archive of SID

www.SID.ir