مطالعات طب ورزشی شماره ۱۶، پاییز و زمستان ۱۳۹۳، صص ۳۲-۱۳

تأثیر یک برنامهٔ تمرینی عصبی‌عضلانی بر عملکرد اندام تحتانی و راستای سه‌بعدی در زانوی مردان هندبالیست در فرود یک پا

محمدرضا محمدی[۱]، محمدحسین علیزاده[۲]، اسماعیل ابراهیمی تکامجانی[۳]، الهام شیرزاد[۴]

۱. استادیار دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه حکیم سبزواری *
۲. دانشیار دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران
۳. استاد فیزیوتراپی دانشکده علوم توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی ایران
۴. استادیار بیومکانیک دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۴/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۹/۰۳

چکیده

موقعیت زوایای زانو در فرود، از عوامل آسیب بازیکنان هندبال است و تمرینات پیشگیرانه می‌تواند میزان آسیب را در این ورزش کاهش دهد. ازاین‌رو، هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر یک برنامهٔ تمرینی عصبی‌عضلانی بر سینماتیک اندام تحتانی و عملکرد زانوی بازیکنان مرد هندبال در فرود با یک پا است. ۴۰ بازیکن لیگ برتر سال ۱۳۹۱ از دو باشگاه در دو گروه ۲۰ نفره به‌ترتیب با میانگین قد ۵/۵±۱۸۷/۷ و ۶/۴±۱۸۵/۳ سانتی‌متر، وزن ۱۰/۱±۸۹/۰ و ۱۳/۶±۸۶/۸ کیلوگرم، سن ۱۳/۶±۲۵/۴ و ۳/۸±۲۴/۲ سال و سابقهٔ بازی ۴/۴±۱۱/۶ و ۳/۳±۱۰/۸ سال انتخاب شدند. تجزیه و تحلیل یافته‌ها در کاهش زوایای والگوس و چرخش داخلی زانو و همچنین افزایش عملکرد اندام تحتانی، تفاوت معناداری بین دو گروه نشان دادند. ضمن این‌که در زاویهٔ فلکشن زانوی بازیکنان هر دو گروه، هیچ اختلاف معناداری مشاهده نشد. به‌طورکلی، تمرینات عصبی‌عضلانی می‌تواند موجب بهبود عملکرد اندام تحتانی و کاهش زوایای چرخش داخلی و والگوس زانو در فرود با یک پا شود و نیز می‌تواند به بازیکنان نخبهٔ مرد هندبال در پیشگیری از آسیب‌های لیگامنتی زانو، به‌ویژه پارگی رباط‌های صلیبی قدامی درطول فصل مسابقات کمک کند.

واژگان کلیدی: **تمرینات عصبی‌عضلانی، عملکرد اندام تحتانی، راستای سه‌بعدی زانو، بازیکنان نخبهٔ مرد هندبال، فرود با یک پا.**

* نویسندهٔ مسئول: **E-mail**: mohammadi32@yahoo.com

مقدمه

میزان شیوع آسیب در هندبال به‌عنوان یکی از ورزش‌های المپیکی، نسبتاً قابل‌توجه است (جانج و همکاران[1]، ۲۰۰۶، ص. ۵۶۷) و این آسیب‌ها بیشتر در زانو مشاهده می‌شوند. پارگی رباط‌های صلیبی قدامی[2]، خلفی[3] و همچنین پارگی مینیسک، از شایع‌ترین آسیب‌هایی است که به‌دفعات در بازیکنان اروپایی هندبال در سطوح مختلف مشاهده شده‌اند (دکر، تونی، ویلند، استرت و استیدمن[4]، ۲۰۰۳، ص. ۶۶۴). یافته‌های پژوهشی نشان می‌دهند شایع‌ترین ساز و کار این نوع آسیب‌ها، نداشتن تعادل مناسب هنگام فرود روی یک پا است که مفصل زانو در والگوسی شدید و چرخش خارجی درشت‌نی نسبت به ران قرار گرفته باشد (اولسن، مایکلبوست و انجبرتسن[5]، ۲۰۰۴، ص. ۱۰۰۵).

باوجود این‌که برخی مطالعات، والگوس[6] شدید در سطح فرونتال اندام تحتانی را با افزایش آسیب در رباط صلیبی قدامی مرتبط می‌دانند (دکر و همکاران، ۲۰۰۳، ص. ۶۶۶؛ هوت، مئیر و فورد[7]، ۲۰۰۵، ص. ۴۹۸)، دیگران زاویهٔ زانو نزدیک به اکستنشن کامل در سطح ساجیتال و نیروی قدرتمند عضلهٔ چهارسر را موجب فشار بر رباط صلیبی قدامی و سازوکار غالب در آسیب‌های آن می‌دانند (یو و گاررت[8]، ۲۰۰۷، ص. ۴۹). برخی پژوهشگران بر این باورند که فشارها در مفصل زانو به‌صورت مجموعه‌ای عمل می‌کنند و آسیب‌های غیربرخوردی رباط صلیبی قدامی احتمالاً بر اثر افزایش حرکت و فشار در سطوح مختلف ساجیتال، فرونتال و هوریزنتال است که به‌صورت چندسطحی اتفاق می‌افتد (کوروسشانگ، ناکاما و بودن[9]، ۲۰۰۷، ص. ۳۶۱؛ بودن، تورگ، نولس[10]، ۲۰۰۹، ص. ۲۵۴؛ دمورات، وینهولد و بلکبورن[11]، ۲۰۰۴، ص. ۴۷۹)؛ بنابراین، بررسی راستای زانو به‌صورت سه‌بعدی احتمالاً می‌تواند در برآورد تشخیص رباط صلیبی قدامی مهم باشد؛ اما نکتهٔ قابل‌توجه این است که نتایج برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهد افزایش زاویهٔ والگوس یا مقدار گشتاور آبداکتوری زانو (مقدار نیرویی عضلانی که درشت‌نی را قبل از تماس پا با زمین (تقریباً حدود ۰/۰۴ ثانیه) در هنگام فرود با یک پا به

1. Junge & et al
2. Anterior cruciate ligament (ACL)
3. Posterior cruciate ligament (PCL)
4. Decker, Torry, Wyland, Sterett & Steadman
5. Olsen, Myklebust & Engebretsen
6. Valgus
7. Hewett, Myer & Ford
8. Yu & Garrett
9. Krosshaug, Nakamae & Boden
10. Boden, Torg & Knowles
11. DeMorat, Weinhold & Blackburn

سمت خارج متمایل می‌کند) نمی‌تواند به‌تنهایی دلیلی بر انتقال درشت‌نی به جلو یا به بیرون در یک فرود تلقی شود. اگرچه شواهدی وجود دارد مبنی‌بر این‌که افزایش زاویهٔ والگوس و مقدار گشتاور آبداکتوری زانو، عامل آسیب‌های رباط صلیبی قدامی است. این عوامل، افزایش حرکت انتقال زانو در هنگام فرود را تأیید نمی‌کنند (مئیر، فورد، برنت و هوت[۱]، ۲۰۰۷، ص. ۴۰).

برخی یافته‌های علمی اذعان دارند، فرود مناسب نیازمند عملکرد خوب سیستم‌های عصبی ـ عضلانی (میکلبوست[۲] و همکاران، ۲۰۰۳، ص. ۷۴) و حس عمقی (هلم[۳] و همکاران، ۲۰۰۴، ص. ۹۱) در زانو است؛ به‌طوری‌که افزایش توانایی‌های حس عمقی و عصبی‌ـعضلانی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر حفظ تعادل در هنگام فرود بر مفاصل اندام تحتانی مانند زانو و کاهش آسیب در این اندام است (هرسومالیز[۴]، ۲۰۰۷، ص. ۵۵۱). مطالعات نشان داده‌اند برخی برنامه‌های تمرینی خاص اثرات مثبتی بر ارتقای توانایی‌های حس‌عمقی، عصبی‌ـعضلانی، حسی‌ـحرکتی و به‌طورکلی، بر عملکرد خوب زانو داشته‌اند (پانیکس، تالای، پاولیک و برکس[۵]، ۲۰۰۸، ص. ۴۷۴). اغلب این نوع برنامه‌ها به‌عنوان برنامه‌های تمرینی عصبی‌ـعضلانی پیشنهاد شده و به‌طور موفقیت‌آمیزی در کاهش خطر آسیب‌های لیگامنتی زانو مانند پارگی رباط صلیبی قدامی تأثیرگذار بوده‌اند. این نوع برنامه‌ها از تمرینات مختلفی مانند تمرینات پلیومتریک[۶]، مهارتی، حس‌عمقی ـ تعادلی[۷] و مقاومتی تشکیل شده‌اند (میکلبوست و همکاران، ۲۰۰۳، ص. ۷۵؛ مندلبائوم[۸]، ۲۰۰۵، ص. ۱۰۰۷). برخی پژوهش‌ها زاویهٔ والگوس زانو را در ورزشکاران زن و مرد (فورد، مئیر و هوت[۹]، ۲۰۰۳، ص. ۱۷۴۷؛ فورد، مئیر، تامس و هوت[۱۰]، ۲۰۰۵، ص. ۱۲۶؛ کرنوزک، توری، هوف، کوئلی و تانر[۱۱]، ۲۰۰۵، ص. ۱۰۰۷) مقایسه و بیان کرده‌اند که تغییرات بیومکانیکی اندام تحتانی بعد از تمرینات عصبی‌ـعضلانی، در ورزشکاران زن به‌طور قابل ملاحظه‌ای بهبود یافته است (گراندستراند، پفیفر، سابیک، دبلیزیو و شی[۱۲]، ۲۰۰۶، ص. ۳۳۴؛

1. Myer, Ford, Brent & Hewett
2. Myklebust & et al
3. Holm & et al
4. Hrysomallis
5. Pánics, Tállay, Pavlik & Berkes
6. Plyometric
7. Proprioceptive/balance
8. Mandelbaum & et al
9. Ford, Myer & Hewett
10. Ford, Myer & Toms
11. Kernozek, Torry, Hoof, Cowley & Tanner
12. Grandstrand, Pfeifer, Sabick, DeBelisio & Shea

ارمیسچر[1] و همکاران، ۲۰۰۴، ص. ۷۰۵؛ مئیر، فورد و پالئومبو[2]، ۲۰۰۵، ص. ۵۵؛ نویس، باربروستین، فلکنستین، والش و وست[3]، ۲۰۰۵، ص. ۳۸۲) اما پژوهش‌های دیگر اثر موفقیت‌آمیز برنامه‌های تمرینی عصبی‌ـعضلانی و تقویت حس عمقی را در کاهش آسیب در ورزشکاران مرد مانند ورزشکاران زن تأیید کرده‌اند (امری، کاسیدی، کلاسن، روزیچوک و روو[4]، ۲۰۰۵، ص. ۷۵۱؛ اُلسن، میکلبوست، انجبرستن و باهر[5]، ۲۰۰۶، ص. ۴۲۸) به‌ویژه این‌که این نوع تمرینات می‌توانند به کاهش آسیب در مردان و زنان ورزشکاری که احتمال آسیب در آنان زیاد است، به‌طور کاملاً اثربخشی کمک کنند (بارندچرت، لزمن، دایسنس و اسمیتس انجلسمن[6]، ۲۰۱۱، ص. ۵۷۹؛ دی‌استفانو ال ج، پادوآ، دی‌استفانو ام ج و مارشال[7]، ۲۰۰۹، ص. ۴۹۸). باوجود این‌که آسیب‌های هندبال در میان مردان رایج‌تر و آسیب‌دیدگی رباط صلیبی قدامی در زانو برای آنان مشکل‌آفرین است (دنیس، هامر و اسچیف[8]، ۲۰۱۰، ص. ۲۶۴)، پژوهش‌های کمتری درمورد مردان به چشم می‌خورد. باوجود این‌که تأثیر برنامه‌های تمرینی مختلف عصبی‌ـعضلانی برای کاهش مقدار گشتاور والگوس و واروس زانو[9] (مئیر و همکاران، ۲۰۰۵، ص. ۵۵)، معیار خطای فرودآمدن[10] (دی‌استفانو و همکاران، ۲۰۰۹، ص. ۴۹۸)، بهبود زاویهٔ والگوس زانو[11] (نویس و همکاران، ۲۰۰۵، ص. ۳۸۲)، بهبود پایداری روی یک پا[12] (گرفین، آلبهم، آرنت، باهر و بینون[13]، ۲۰۰۶، ص. ۱۵۱۶) و حفظ تعادل[14] (هلم[15] و همکاران، ۲۰۰۴، ص. ۹۱) در حرکات ورزشی، به‌ویژه هنگام فرودآمدن مشاهده شده‌است (یو و همکاران، ۲۰۰۷، ص. ۴۹؛ گرفین و همکاران، ۲۰۰۶، ص. ۱۵۱۶)، یافته‌های پژوهشی همچنان از شیوع نگران‌کنندهٔ آسیب‌های لیگامنتی در زانوی بازیکنان هندبال خبر می‌دهند (دنیس و همکاران، ۲۰۱۰، ص. ۲۶۴). ازطرفی، نتایج بسیاری از پژوهش‌ها به زاویهٔ والگوس در فرود روی هر دو پا مربوط است (مئیر و همکاران، ۲۰۰۷، ص. ۴۰؛ بارندچرت و همکاران، ۲۰۱۱، ص. ۵۷۹؛

1. Irmischer & et al
2. Myer, Ford & Palumbo
3. Noyes, Barber-Westin, Fleckenstein, Walsh & West
4. Emery, Cassidy, Klassen, Rosychuk & Rowe
5. Olsen, Myklebust, Engebretsen & Bahr
6. Barendrecht, Lezeman, Duysens & Smits-Engelsman
7. DiStefano, Padua, DiStefano & Marshall
8. Dennis, Harmer & Schiff
9. Knee valgus & varus torques
10. Landing Eerror Score
11. Improvements on knee valgus angle
12. Single leg stability
13. Griffin, Albohm, Arendt, Bahr & Beynnon
14. Balance
15. Holm & et al

دی‌استفانو و همکاران، ۲۰۰۹، ص. ۴۹۸) و از آنجاکه زاویهٔ والگوس در فرود با یک پا و هر دو پا متفاوت است (هرینگتون[1]، ۲۰۱۱، ص. ۲۶۴)، اثربخشی برنامه‌های تمرینی، به‌ویژه در بازیکنان هندبال نگران‌کننده است؛ زیرا این بازیکنان در اجرای مهارت‌های خود به‌دفعات از تکنیک پرش و فرود روی یک پا استفاده می‌کنند و این تکنیک یکی از سازوکارهای آسیب‌های زانوی بازیکنان است (اولسن و همکاران، ۲۰۰۴، ص. ۱۰۰۵). ازاین‌رو، ضرورت پژوهش‌های بیشتر درخصوص ارزیابی توأم زوایای زانو از منظری سه‌بعدی و حفظ عملکرد خوب آن هنگام فرود روی یک پا، به‌ویژه در بازیکنان مرد هندبال حائز اهمیت است تا بدین‌شکل، تغییرات زوایای والگوس زانو دقیق‌تر مطالعه شده و امکان ارائهٔ برنامه‌های تمرینی عصبی‌ـعضلانی مناسب فراهم شود (مئیر، فورد و هوت، ۲۰۰۴، ص. ۳۵۶).

با توجه به مطالب فوق، پژوهشگر بر آن است که تأثیر یک برنامهٔ تمرینی عصبی‌ـعضلانی در اندام تحتانی را (بارندچرت و همکاران، ۲۰۱۱، ص. ۵۷۹) بر عملکرد و راستای سه‌بعدی زانوی بازیکنان هندبال در فرود روی یک پا بررسی کند.

روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی است. جامعهٔ آماری شامل بازیکنان مرد زبدهٔ هندبالیست است که در مسابقات لیگ برتر هندبال کشور در سال ۱۳۹۱ شرکت کرده بودند (۱۰ تیم) و نمونه‌های پژوهش، بازیکنان دو تیمی هستند که به‌ترتیب به‌عنوان گروه‌های تجربی اول[2] و تجربی دوم[3] انتخاب شدند. تمرینات بدن‌سازی قبل از فصل مسابقات توسط این دو تیم انجام شده بود و هر دو تیم به تمرینات گروهی و تیمی خود در آستانهٔ شروع فصل مسابقات لیگ می‌پرداختند. در این موقعیت، از تیم‌های مذکور به‌صورت جداگانه برای شرکت در آزمون در آزمایشگاه تربیت‌بدنی دانشگاه فردوسی مشهد دعوت به‌عمل آمد. قبل از مراحل پیش‌آزمون، بازیکنان از اهداف این پژوهش مطلع شدند و فرم رضایت به امضای آنان رسید. سپس، اطلاعات شخصی و سوابق آسیب‌دیدگی‌های قبلی طبق فرم‌های از قبل تهیه‌شده توسط پژوهشگر جمع‌آوری شد. با توجه به اهداف پژوهش، آزمون‌های «پرش با یک پا»[4] برای ارزیابی عملکرد زانو و فیلم‌برداری با دستگاه تجزیه و تحلیل حرکت[5] از «فرود با پای غالب[6]»ـ که پس از یک

1. Herrington
2. Regular Training (RT)
3. NeuroMuscular Training (NMT)
4. One leg hop test
5. Simi notion
6. Dominant leg (پای غالب در بازیکنان هندبال به پایی گفته می‌شود که مخالف دست برتر در شوت‌کردن است و غالباً با آن پا فرود می‌آیند.)

شوت سه‌گام هندبال انجام می‌شود- برای بررسی سینماتیکی سه‌بعدی حرکات مفصل زانو در لحظهٔ تماس پا با زمین اجرا شد. بعد از انتخاب نمونه‌ها و هم‌زمان با شروع فصل بازی‌های لیگ برتر هندبال، گروه تجربی دوم به‌مدت ۲۰ دقیقه در هر جلسه، سه جلسه در هفته و به مدت هشت هفته به تمرینات عصبی-عضلانی به‌همراه تمرینات تکنیکی و تاکتیکی رایج هندبال و گروه تجربی اول در همین مدت، صرفاً به تمرینات تکنیکی و تاکتیکی رایج هندبال پرداختند (زمان کل تمرین هر دو گروه در هر جلسه ۹۰ دقیقه بود). پس‌از دورهٔ تمرینی، مجدداً هر دو گروه در آزمون‌هایی مانند مرحلهٔ قبل شرکت کردند و نتایج پیش‌آزمون و پس‌آزمون با هم مقایسه شد (جدول ۳ و ۴).

مشخصات قد، وزن، سن، سابقهٔ بازی، شاخص تودهٔ بدن[1] و سابقهٔ حضور در تیم‌های ملی بازیکنان هندبال هر دو گروه در جدول ۱ آمده است. داده‌های جدول نشان می‌دهد مشخصات دو گروه بدون این‌که پژوهشگر دخالتی در آن داشته باشد، تقریباً همسان هستند.

شرط ورود به این پژوهش، دست‌کم سه سال سابقهٔ بازی بود و ازنظر سطح کیفی بازی شرکت‌کنندگان می‌بایست توانایی شرکت در تیم‌های لیگ برتر کشور را داشتند. همچنین، توانایی قدرت پاهای آنان (برای تمرینات پلیومتریک) در اجرای یک حرکت اسکات، نبایستی کمتر از ۶۵٪ وزن خودشان (پرنتیس، ۲۰۰۴، ص. ۱۹۹) بود. شرکت‌کنندگانی که از دو هفته قبل تا اولین آزمون، آسیب‌دیدگی سطحی (اعم از آسیب‌دیدگی‌های مفصلی و عضلانی) در اندام تحتانی داشتند و به‌طور کامل بهبود نیافته بودند، از پژوهش خارج شدند. همچنین، بازیکنانی که دارای ناهنجاری‌هایی در مفاصل ران، زانو و مچ پا بودند یا عمل جراحی مینیسک زانو، رباط صلیبی قدامی و رباط صلیبی خلفی انجام داده بودند و یا دچار آسیب‌های شدید لیگامنتی زانو و مچ پا شده و مجبور به ترک بازی و تمرین بیش از دو هفته در شش ماه گذشته شده بودند نیز از پژوهش حذف شدند.

پرتال جامع علوم انسانی

1. Body Mass Index (BMI)

جدول ۱ ـ مشخصات قد، وزن، سن، سابقهٔ بازی، شاخص تودهٔ بدن و سابقهٔ حضور در تیم‌های ملی آزمودنی‌ها

گروه	تعداد	قد (سانتی-متر)	وزن (کیلوگرم)	سن (سال)	سابقه (سال)	BMI (کیلوگرم بر مترمربع)	سابقهٔ در تیم‌های ملی (درصد)
تجربی اول	۲۰	۱۸۷/۷±۵/۵	۸۹/۰±۱۰/۱	۲۵/۴±۱۳/۶	۱۱/۶±۴/۴	۲۵/۹±۲/۸	۵۷/۱
تجربی دوم	۲۰	۱۸۵/۳±۶/۴	۸۶/۸±۱۳/۶	۲۴/۲±۳/۸	۱۰/۸±۳/۳	۲۵/۲±۲/۰	۵۵/۵
P value	۲۰	۰/۸۱	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۵۲	۰/۲۱	-

در پژوهش حاضر از یک برنامهٔ تمرینی عصبی‌ـعضلانی استفاده شد (میکلبوست[1] و همکاران، ۲۰۰۳، ص. ۷۴) که هدف آن بهبود راستای زانو هنگام فرود و عملکرد فرود یک پای بازیکنان هندبال بود. برهمین‌اساس بازیکنان گروه تجربی دوم، ۱۵ الی ۲۰ دقیقهٔ ابتدایی هر جلسهٔ تمرینی ۹۰ دقیقه‌ای را به این تمرینات اختصاص می‌دادند و بقیهٔ زمان جلسه را به تمرینات تکنیکی و تاکتیکی و تمرینات رایج هندبال می‌پرداختند. این تمرینات سه جلسه در هفته به مدت هشت هفته اجرا شدند و شامل تمریناتی مانند گرم‌کردن (پنج تا شش دقیقه)، تمرین روی اسفنج فشرده[2] (سه تا چهار دقیقه)، تمرین روی تخته تعادل[3] (سه تا چهار دقیقه)، تمرینات قدرتی دو نفره (سه تا چهار دقیقه) و تمرینات پلیومتریک[4] (یک تا دو دقیقه) بودند (جدول ۲). در گروه تجربی اول تمرینات صرفاً به‌صورت مرور تکنیک و تاکتیک و تمرینات رایج هندبال انجام شد و در این مدت با نظارت بر تمرینات این گروه، هیچ‌گونه تمرین مشابه تمرینات عصبی‌ـعضلانی گروه تجربی دوم اجرا نشد. همچنین، کل زمان جلسات تمرینی هر دو گروه نیز اختلاف معناداری نداشت ($P>0/05$).

1. Myklebust & et al
2. Mat
3. Wobble board
4. Plyometric

جدول ۲ ـ پروتکل برنامهٔ تمرینی عصبی-عضلانی

ردیف	برنامهٔ تمرینی		نام تمرین	مسافت طی شده (متر)	زمان تمرین (ثانیه)	تکرار تمرین	زمان استراحت
۱	گرم کردن	بدون توپ	نرم‌دویدن به جلو	۸۰- ۴۰	۳۰- ۲۰	۱	۱۰
			دویدن به جلو با حرکت زانوی بلند	۸۰- ۴۰	۳۰- ۲۰	۱	۱۰
			حرکت زیگزاگ در حالت عقب‌رفتن همراه با پای پهلوی کوتاه	۸۰- ۴۰	۳۰- ۲۰	۱	۱۰
		همراه با توپ	زدن توپ به زمین و حرکت به طرفین با پای پهلو	۸۰- ۴۰	۴۰- ۳۰	۱	۱۰
			پرش با یک پا و فرود روی پای دیگر همراه با توپ	۸۰- ۴۰	۳۰- ۲۰	۱	۱۰
			حرکت پرش با جفت‌پا به پهلو و زمین‌زدن توپ	۸۰- ۴۰	۳۰- ۲۰	۱	۱۰
		تمرینات جانبی	دو بار لی با پای چپ، دو بار لی با پای راست و بعد پاها کنار هم جفت و آن‌گاه پرش در فضا، مکث و شوت انجام می‌شود	۸۰- ۴۰	۳۰- ۲۵	۰۴- جوان	۱۰
			پرش عمودی، پاس دادن و فرودآمدن با زانوی خم	۴۰	۳۰- ۲۵	۰۴- جوان	۱۰
			تغییر مسیر سریع، پرش عمودی، مکث و در پایان شوت	۴۰	۳۰- ۲۵	۰۴- جوان	۱۰
۲	اسفنج فشرده	۱-	از روی یک جعبه یا پله شوت جفت انجام می‌دهد و سپس با هر دو پا فرود می‌آید	-	۷۰- ۵۰	۱	۱۰
		۲-	هنگامی که از یک پله (جعبه) با یک پا پایین می‌آییم، توپی را که به سمت ما می‌آید دریافت می‌کنیم (با هر دو پا)	-	۷۰- ۵۰	۱	۱۰
		۳-	پرش درجا، دریافت توپ در هنگام فرود و به محض فرود، پرش به‌همراه چرخش ۱۸۰ درجه‌ای (از هر دو طرف)	-	۷۰- ۵۰	۱	۱۰
۳	تختهٔ تعادل	۱-	تمرین اسکات (روی دو پا و یک پا) در هنگام پرتاب توپ	-	۷۰- ۵۰	۱	۱۰

		ـ۶	ایستادن بر روی یک پا با زانوی خم و پرتاب توپ	-	۷۰- ۵۰	۱	۱۰
		ـ۴	ایستادن روی یک پا با زانوی خم و زدن توپ به زمین (بعداً با چشم بسته)	-	۷۰- ۵۰	۱	۱۰
۴	مقاومتی دونفره	ـ۵	اسکات با وزنهٔ حداکثر ۱۰٪ وزن بدن	۳- ۲ ست	۷۰- ۵۰	۰۸- أکتوبر	۱۰
		ـ۴	تمرین همسترینگ اروپای شمالی	۳- ۲ ست	۷۰- ۵۰	۰۸- أکتوبر	۱۰
۵	پلیومتریک	ـ۵	پرش به پهلو با دو پا و یک پا	-	۲۵- ۱۵	۱	۳۵- ۳۰
		ـ۴	بالا و پایین پریدن عمودی، همراه با چرخش ۱۸۰ درجه‌ای	-	۲۵- ۱۵	۱	۳۵- ۳۰

برای ارزیابی راستای سه‌بعدی زانو، نیاز به نصب نشانگرها بر نقاط خاصی در اندام تحتانی بود. برای این کار از مدل نشانه‌گذاری پلاگین گیت[1] (لی و هرتل[2]، ۲۰۱۲، ص. ۸۶؛ ناکائو و همکاران[3]، ۲۰۱۱، ص. ۲۶۷) استفاده شد (شکل ۱). براین‌اساس، مکان‌هایی که نشانگرها با این روش روی اندام تحتانی نصب شدند، عبارت‌اند از: لگن؛ سمت چپ و راست برآمدگی جلو و بالای لگن[4] (با توجه به اینکه بازیکن با کدام پا فرود می‌آید) و چپ و راست برآمدگی عقب و بالای لگن[5]، در قسمت جلوی ران‌ها؛ یک‌سوم پایینی به‌طوری که زیر حرکت پاندولی دست قرار گیرد، در قسمت زانوها؛ روی اپی‌کندیل خارجی[6] ران، در قسمت جلوی ساق‌های پا، یک‌سوم پایینی (در راستای نشانگر نصب‌شده روی ران)، در مچ پاها؛ روی قوزک خارجی[7]، در قسمت کف پا[8]؛ روی سر استخوان دوم کف پایی[9] و پاشنهٔ پا[10]؛ (در ارتفاعی مشابه نشانگر سر استخوان دوم کف پایی). همچنین، روی اپی‌کندیل داخلی ران[11] و قوزک داخلی مچ‌پا[12] نشانگرهای کمکی برای مشخص‌کردن مختصات مرکز زانو و مچ پا نصب شد.

1. Plug-in Gait Model
2. Lee & Hertel
3. Nakao & et al
4. ASIS (Anterior Superior Iliac Spine)
5. PSIS (Posterior Superior Iliac Spine)
6. Lateral Epicondyle
7. Lateral malleolus
8. Lateral malleolus
9. Second metatarsal head
10. Calcaneous
11. Medial epicondyle
12. Medial malleous

شکل ۱- مارکرگذاری بر روی پای چپ در حالت ایستا براساس مدل نشانه‌گذاری پلاگین گیت

برای اطمینان از روش نشانه‌گذاری و پایایی نصب نشانگرها، از دوازده بازیکن در دو روز مختلف برای نصب نشانگرها بر بدن وی دعوت به‌عمل آمد و توسط دستگاه تجزیه و تحلیل حرکت[1] (اُلسن، میکلبوست، انجبرستن، هلم و باهر[2]، ۲۰۰۹، ص. ۳۳۵) با شش دوربین و با سرعت فیلم‌برداری ۲۵۰ فریم در ثانیه، در فضای سه‌بعدی کالیبراسیون‌شده‌ای (دست‌کم ۵ تکرار) به‌مدت پنج ثانیه از حالت ایستادن آناتومیکی بازیکن تصویربرداری[3] و ردیابی[4] شد. ضریب همبستگی درون‌گروهی[5] حاصل از دو بار اندازه‌گیری و خطای مطلق نشانه‌گذاری، نشان‌دهندهٔ تکرارپذیری قوی (۰/۹۹- ۰/۷۹) در نصب نشانگرها روی بدن بود. نشانگرها روی لگن و ران، ساق و کف پای غالب نصب شد. برای محاسبات زوایای زانو باید دست‌کم سه نشانگر انتخاب شوند که در یک راستا نباشند. در قسمت ران از نشانگرهای مرکز ران با استفاده از محاسبهٔ فاصلهٔ دو تروکانتر (یک‌چهارم) نشانگر نصب‌شده روی ران و نشانگر نصب‌شده روی اپی‌کندیل خارجی ران و در قسمت ساق‌پا از نشانگر نصب‌شده روی ساق‌پا، مرکز مچ‌پا (یک‌دوم فاصلهٔ دو قوزک) و نشانگر نصب‌شده روی قوزک خارجی استفاده می‌شود. سپس با استفاده از تصاویر به‌دست‌آمده از اجرای یک شوت سه‌گام هندبال در لحظهٔ فرود از گام سوم روی پای غالبش،

1. Simi Motion Analysis
2. Olsen, Myklebust, Engebretsen, Holm & Bahr
3. Capture
4. Tracking
5. Intraclass correlation coefficient (ICC)

توسط نرم‌افزار آن (با استفاده از روش محاسباتی سیستم کاردان[1]) مختصات سه‌بعدی هر نشانگر در لحظهٔ فرود پا با زمین مشخص شد (وینتر، ۲۰۰۹، ص. ۱۷۶) و با مقایسهٔ مختصات حالت ایستا، زوایای فلکشن/اکستنشن در صفحهٔ ساجیتال، والگوس/واروس در صفحهٔ فرونتال و چرخش داخلی/خارجی زانو در صفحهٔ هوریزنتال به‌طور هم‌زمان در لحظهٔ تماس پا با زمین به‌دست آمد و ارزیابی شد.

همچنین برای ارزیابی عملکرد زانو در فرود با یک پا، از آزمون پرش یک پا[2] (بارندچرت و همکاران، ۲۰۱۱، ص. ۵۷۹) استفاده شد. از بازیکنان خواسته شد پس از آمادگی، بدون استفاده از کفش با تمام توان خود و با پای غالب یک پرش انجام دهند. آن‌گاه فاصلهٔ بین نوک انگشت شست پا در حالت سکون و نوک انگشت شست در این پرش به‌وسیلهٔ متر نواری اندازه‌گیری شد (نویس و همکاران، ۲۰۰۵، ص. ۳۸۲؛ نویس، باهر و مگین[3]، ۱۹۹۱، ص. ۵۱۵). این آزمون برای هر بازیکن دست‌کم پنج مرتبه تکرار شد (با حفظ زمان استراحت) و بهترین نتیجه به ثبت رسید. ضمناً، قبل از اجرای آزمون‌ها برای مسلط‌شدن بر نحوهٔ اجرای آن، بازیکنان در هرکدام از آزمون‌ها سه تا پنج مرتبه به‌طور آزمایشی تمرین کردند.

پس از پایان هفتهٔ هشتم تمرین، مجدداً آزمون‌های مذکور با روش و شرایط قبلی (پیش‌آزمون) گرفته شد (البته در گروه تجربی دوم شش نفر به‌علت انتقال از باشگاه از جریان پژوهش خارج شدند). گفتنی است زوایای راستای سه‌بعدی زانو و عملکرد فرود یک پای بازیکنان توسط همکاران پژوهش ثبت شد تا آزمونگر از کمیت داده‌ها و تفاوت آن‌ها در پیش‌آزمون و پس‌آزمون اطلاعی نداشته باشد (روش یک‌سویهٔ کور[4]).

اطلاعات به‌دست‌آمده در دو بخش آمار توصیفی و استنباطی در نرم‌افزار آماری اس. پی. اس. اس[5] نسخهٔ ۲۰ تجزیه و تحلیل شد. در آمار توصیفی، معیارهای مهم تمرکز و پراکندگی محاسبه شدند. همچنین در بخش آمار استنباطی در مرحلهٔ اول، ابتدا آزمون نرمال‌بودن[6] داده‌ها انجام شد و پس از اطمینان از نرمال‌بودن نمونه‌ها در هر گروه و تفاضلات پیش‌آزمون و پس‌آزمون برای گروه‌ها، آزمون برابری میانگین‌ها با استفاده از آزمون تی مستقل[7] انجام شد.

1. Cardan system
2. One leg hop test (ICC: 0.92–0.96; SEM 4.56–4.62 cm)
3. Noyes, Barber & Mangine
4. Single blind method
5. SPSS
6. Kolmogorov-smirnov (K-S) test
7. T-test

سطح معناداری در پژوهش ۹۵٪ با آلفای ۰/۰۵ درنظر گرفته شد. گفتنی است قبل از انجام فرایند پژوهش برای رفع اشکالات محتمل، مطالعه‌ای آزمایشی[1] روی سه آزمودنی اجرا شد.

نتایج

جدول ۳. میانگین و انحراف استاندارد عملکرد زانو در پیش آزمون و پس آزمون و اختلاف آماری آن در آزمون "لی کردن با یک پا"

متغیر	گروه	*M±SD* پیش‌آزمون	*M±SD* پس‌آزمون	*t*	*p*	*M±SD* اختلاف پیش‌آزمون و پس‌آزمون	*t*	*p*	اندازهٔ اثر[2]
مسافت لی کردن با پای غالب (سانتی متر)	تجربی اول	۲۵/۴±۰	۲۲/۹±۲	-۰/۴۳	۰/۶۷۳	۲۹/۶±۳/۲۵	۲/۳۶ -	۰/۰۲۵	۲/۴۱۱
		۱۹۱	۱۹۴						
	تجربی دوم	۲۶/۵±۹/	۱۴/۲±۰/	-۲/۸۹	۰/۰۰۸	۱۵/۳±۲۵/۰۸			
		۱۹۴	۲۲۰						

اطلاعات آماری در جدول ۳ میانگین و انحراف استاندارد عملکرد اندام تحتانی در مسافت پرش یک پا با پای غالب را نشان می‌دهد. در گروه تجربی اول هرچند مسافت پرش در پس‌آزمون درمقایسه با پیش‌آزمون افزایش یافته است، این مقدار معنادار نیست (P>۰/۰۵). اگرچه در گروه تجربی دوم، مسافت پرش در پس‌آزمون درمقایسه با پیش‌آزمون افزایش معناداری را نشان می‌دهد (P=۰/۰۰۷). همچنین، میانگین اختلافات پیش‌آزمون و پس‌آزمون بین دو گروه با اندازهٔ اثری زیاد معنادار شده است (P<۰/۰۰۱).

اطلاعات آماری در جدول ۴ میانگین و انحراف استاندارد زوایای فلکشن/ هیپراکستنشن، والگوس/ واروس و چرخش داخلی/ خارجی زانو را در پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هر دو گروه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود: الف) در سطح ساجیتال در گروه تجربی اول زاویهٔ فلکشن زانو در پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون کاهش یافته؛ اما در گروه تجربی دوم، از زاویهٔ هیپراکستنشن به فلکشن زانو تغییر یافته است که تفاوت‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون هر دو گروه و همچنین، تفاوت بین دو گروه نیز معنادار نبوده است (P>۰/۰۵)؛ ب) در سطح فرونتال در گروه تجربی اول، زاویهٔ واروس در پیش‌آزمون به زاویهٔ والگوس زانو در پس‌آزمون و در گروه تجربی دوم، زاویهٔ والگوس در پیش‌آزمون به زاویهٔ والگوس زانو در پس‌آزمون تغییر یافته است. البته، تفاوت در هر دو گروه معنادار نیست (P>۰/۰۵). هرچند، اختلاف زوایا در

1. Pilot study
2. Effect size

پیش‌آزمون و پس‌آزمون بین دو گروه با اندازهٔ اثری زیاد معنادار شده است (P=۰/۰۰۹)؛ ج) در سطح هوریزنتال در گروه تجربی اول، زاویهٔ چرخش خارجی در پیش‌آزمون به زاویهٔ چرخش داخلی زانو در پس‌آزمون تغییر یافته؛ اما در گروه تجربی دوم، زاویهٔ چرخش داخلی زانو در پس‌آزمون درمقایسه با پیش‌آزمون کاهش یافته است. البته، تفاوت در هر دو گروه معنادار نیست (p>۰/۰۵). هرچند، اختلاف زوایا در پیش‌آزمون و پس‌آزمون بین دو گروه با اندازهٔ اثری زیاد معنادار شده است (P=۰/۰۲۷).

جدول ۴ـ میانگین و انحراف استاندارد زوایای زانو در سطوح حرکتی در پیش‌آزمون و پس‌آزمون و اختلاف آماری آن در فرود با پای غالب

متغیر	گروه	M±SD پیش‌آزمون	M±SD پس‌آزمون	t	p	M±SD اختلاف پیش‌آزمون و پس‌آزمون	t	p	اندازهٔ اثر
I سطح ساجیتال (درجه)	تجربی اول	۱۶/۲±۴۳/۹	۱۱/۷±۴/۷۶	۰/۷۴	۴۷۰/۰	۱۳/۹±۰/۷۹-	۱/۱۰-	۰/۲۸۸	-
	تجربی دوم	۶/۹±۲/۰۴-	۸/۱±۳/۲۴-	۱/۹۴-	۲۱۲/۰	۴/۸±۵/۷۷			
II سطح فرونتال (درجه)	تجربی اول	۱۰/۲±۳۸/۴	۷/۴±۳/۸۷-	۲/۰۷	۰۵۴/۰	۱۳/۶±۸/۲۵-	۳/۰۴-	۰/۰۰۹	۱/۳۱۸
	تجربی دوم	۹/۵±۳/۶۵-	۷/۵±۱/۵۷	۱/۱۴-	۲۷۷/۰	۵/۸±۶/۴۰			
III سطح هوریزنتال (درجه)	تجربی اول	۱۸/۸±۹۹/۶	۹/۵±۶/۵۴-	۲/۰۳	۰۶۳/۰	۱۲/۲±۸/۷۰-	۲/۴۶-	۰/۰۲۷	۱/۱۷۳
	تجربی دوم	۷/۲±۶/۹۰-	۵/۴±۲/۲۴-	۱/۳۶-	۱۹۹/۰	۱۰/۱±۴/۶۶			

I: (-) هیپراکستنشن و (+) فلکشن II: (-) والگوس و (+) واروس III: (-) چرخش داخلی و (+) چرخش خارجی

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش‌ها نشان داده‌اند همواره پایداری مفصل زانوی بازیکنان هندبال از دغدغه‌های مربیان بدن‌ساز، بازیکنان و سرمربیان این تیم‌ها بوده است. همچنان که مطالعات همه‌گیرشناسی بیانگر

آن است که میزان آسیب‌های اندام تحتانی، به‌ویژه زانو پس از سالیان متمادی و با استفاده از روش‌های علمی و مدرن تمرینی کماکان در بالاترین سطوح آسیب‌های ورزشی قرار دارد (گرفین و همکاران، ۲۰۰۶، ص. ۱۵۱۶). برای رفع این مشکل تاکنون اقدامات درمانی زیادی انجام شده است که از میان آن‌ها روش‌های غیرجراحی و غیردارویی همچون تمرین، موردتوجه پژوهشگران بوده تا با استفاده از روش‌های پیشگیرانهٔ تمرین که منطبق بر فعالیت بازیکنان است آنان را از آسیب‌های زانو مصون دارند (هوت و همکاران، ۲۰۰۵، ص. ۴۹۸؛ بارندچرت و همکاران، ۲۰۱۱، ص. ۵۷۹).

از نتایج این پژوهش، اثر قابل‌توجه تمرینات عصبی‌ـعضلانی بر عملکرد مفصل زانوی پای غالب است که اختلاف معناداری ($P<۰/۰۰۱$) را بین دو گروه تجربی اول و تجربی دوم نشان می‌دهد. همچنین، بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه تجربی دوم نیز اختلاف معناداری ($P=۰/۰۰۸$) مشاهده می‌شود (جدول ۳). این موضوع بیانگر آن است که تمرینات عصبی‌ـعضلانی همچون نتایج برخی پژوهش‌های اخیر (مئیر و همکاران، ۲۰۰۵، ص. ۵۵؛ نویس و همکاران، ۲۰۰۵، ص. ۳۸۲) می‌تواند بر عملکرد بهتر زانوی پای غالب بازیکنان هندبال در یک فرود تأثیر بسزایی داشته باشد (با اندازه اثر ۲/۴۱۱). تمرینات حس عمقی/ تعادلی موجب تعامل بهتر سیستم عصبی‌ـعضلانی می‌شود و می‌تواند عملکرد پا را بهبود بخشد (پانیکس و همکاران، ۲۰۰۸، ص. ۴۷۴). این تمرینات، سیستم حسی‌ـحرکتی را تحریک می‌کند و موجب افزایش هماهنگی و سفتی مفصلی می‌شود (هرسومالیز، ۲۰۰۷، ص. ۵۵۱) و با توجه به اینکه فرود مناسب، نیازمند عملکرد مطلوب سیستم‌های عصبی‌ـعضلانی (میکلبوست و همکاران، ۲۰۰۳، ص. ۷۴) و حس عمقی (هلم و همکاران، ۲۰۰۴، ص. ۹۱) در زانو است، می‌توان اذعان داشت افزایش توانایی‌های حس عمقی و عصبی‌ـعضلانی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر حفظ تعادل هنگام فرود بر مفاصل اندام تحتانی ازجمله زانو و کاهش آسیب در این اندام است (بارندچرت و همکاران، ۲۰۱۱، ص. ۵۷۹؛ دی‌استفانو و همکاران، ۲۰۰۹، ص. ۴۹۸). ازاین‌رو، ممکن است اثر تمرینات عصبی‌ـعضلانی که همراه با تمرینات رایج هندبال در گروه تجربی دوم استفاده شده‌اند، سبب تفاوت معنادار ($P<۰/۰۵$) با گروه تجربی اول در عملکرد پای غالب بازیکنان هندبال شده باشد. همان‌طور که در پژوهش میر و همکارانش (۲۰۰۵) روی ۴۱ بازیکن رشته‌های ورزشی فوتبال، بسکتبال و والیبال می‌توان مشاهده کرد، تمریناتی مانند تمرینات مقاومتی عضلات مرکزی، تعادل، تمرینات استقامتی و تمرینات سرعتی در مدت شش هفته بر بهبود عملکرد هر دو پای این بازیکنان تأثیرگذار بوده است (مئیر و همکاران، ۲۰۰۷، ص. ۴۰). اگرچه این پژوهش روی بازیکنان هندبال انجام نشده است، با توجه به این‌که مشابهت‌های زیادی در مکانیسم اجرا

تکنیک‌های این رشته‌ها و هندبال وجود دارد (مانند فرود از یک پرش)، شاید بتوان نتایج آن را به هندبال نیز تعمیم داد. یکی از نزدیک‌ترین مطالعاتی که در سال‌های اخیر در زمینهٔ تمرینات عصبی‌ـعضلانی روی بازیکنان هندبال انجام شده است، پژوهش بارندرچت و همکارانش (۲۰۱۱) است که دریافتند بین اثر ترکیبی تمرینات عصبی‌ـعضلانی و خاص هندبال در مقایسه با تمرینات صرفاً خاص هندبال، در بهبود والگوس زانو در افرادی که بالای سطح میانگین قرار گرفته‌اند، (کسانی که والگوس زانوی اولیهٔ آن‌ها بیشتر از میانگین جامعهٔ مطالعاتی بوده است) اختلاف معناداری وجود دارد و در افرادی که والگوس زانوی آنان مساوی یا زیر میانگین بوده، اثر این تمرینات معنادار نبوده است (بارندچرت و همکاران، ۲۰۱۱، ص. ۵۷۹). هرچند این مطالعه نتایج پژوهش حاضر را تأیید می‌کند، شرایط سنی آن متفاوت است و نمونه‌های آماری آن نیز به‌صورت ترکیبی از دو جنسیت انتخاب شده و نتایج آن از همدیگر تفکیک نشده‌اند. ضمن‌این‌که در این پژوهش، دو گروه از زمان برابر برای تمرین استفاده نکرده‌اند و ممکن است زمان اضافی یک گروه باعث این تفاوت معنادار شده باشد. در مطالعه‌ای دیگر هولم و همکارانش (۲۰۰۴) اثرات برنامه‌های تمرینی عصبی‌ـعضلانی را بر کنترل قامت، قدرت عضلات زانو و تکنیک‌های فرود در بازیکنان زن هندبالیست با میانگین سنی ۲۳ و سابقهٔ بازی ۱۴/۹ سال (که به‌طور متوسط ۴/۷ سال آن را در بالاترین سطح مهارتی بازی کرده بودند) به‌دست آوردند. این بازیکنان به‌طور میانگین ۱۰ تا ۱۱ ساعت در هفته تمرین داشتند. برنامه‌های تمرینی استفاده‌شده عبارت بودند از: تمرین روی کف زمین، تمرین بر روی تختهٔ تعادل[1] و تمرین روی اسفنج‌های فشردهٔ تعادلی[2] که بیش از پنج تا هفت هفته انجام شد (سه روز در هفته و ۱۵ دقیقه برای هر جلسهٔ تمرینی از شروع فصل مسابقات). تمرینات روی زمین، بر تکنیک‌های فرود تأکید داشت؛ درصورتی‌که تمرینات روی تختهٔ تعادل و اسفنج‌های فشردهٔ تعادلی، بر کنترل قامت متمرکز بود. نتایج این پژوهش نشان داد شاخص تعادل هر دو پای افراد به‌طور معناداری بهبود پیدا کرده است (هلم و همکاران، ۲۰۰۴، ۸۹). این پژوهش ازنظر برخی متغیرها مانند نزدیک‌بودن میانگین سنی، سوابق بازی، سطح مهارتی، زمان و حجم تمرینات عصبی‌ـعضلانی، مقدار تمرینات آنان در طول هفته و هم‌زمانی شروع این تمرینات با شروع فصل مسابقات با پژوهش حاضر شباهت‌های زیادی دارد و تنها تفاوت آن جنسیت است. این هم‌سویی در نتایج دو پژوهش ممکن است نشانگر آن باشد که تمرینات عصبی‌ـعضلانی توانسته است اثر یکسانی بر عملکرد زانوی هر دو جنسیت داشته باشد. هرچند هولم و همکارانش در

1. Wobble borad
2. Mat balance

پژوهش خود از تمرینات عصبی‌ـعضلانی استفاده نمودند، در برنامهٔ تمرینی عصبی‌ـعضلانی پژوهش حاضر از رویکرد مهارتی خاص هندبال روی بازیکنان نخبه استفاده شد که مقبولیت بیشتری بین مربیان و ورزشکاران دارد. اگرچه در برنامه‌های تمرینی پژوهش‌های یادشده که به بهبود عملکرد اندام تحتانی منجر شد تمرینات حس‌عمقی‌تعادلی وجود دارد، اثر این تمرینات به‌تنهایی بر عملکرد پا مشاهده نشده است و عمدتاً با تمرینات مقاومتی، پلیومتریک، انعطاف‌پذیری، استقامتی و سرعتی همراه بود که اهداف آن بیشتر بر تقویت عضلات چهارسر و همسترینگ و هماهنگی عصبی‌ـعضلانی بین آن‌ها متمرکز است.

از دیگر نتایج این پژوهش، اثر تمرینات عصبی‌ـعضلانی درراستای سه‌بعدی زانوی بازیکنان هندبال است. برخی مطالعات نشان داده‌اند آسیب‌های غیربرخوردی زانو، به زوایای آن در سطوح مختلف حرکتی در لحظهٔ فرود از یک پرش وابسته است. میر و همکارانش (۲۰۰۷) اثر مطلوب این تمرینات عصبی‌ـعضلانی را برراستای زانوی افراد با خطر زیاد آسیب تأیید کردند و همچنین، دی‌استفانو و همکارانش (۲۰۰۹) دریافتند تأثیر تمرینات عصبی‌ـعضلانی بر بازیکنان نوجوان فوتبال هر دو جنسیت، به‌ویژه کسانی که نمرات سیستم امتیازدهی به خطای فرود[1] اولیهٔ کمتری داشتند، معنادار است. البته، نتایج پژوهش درمورد افرادی که زاویهٔ والگوس زانوی آن‌ها در پای غالب مساوی و کمتر از میانگین است با نتایج پژوهش حاضر هم‌سو نیست و تأثیر برنامهٔ تمرینی عصبی‌ـعضلانی برراستای زانوی افراد مشاهده نشده است. السون و همکارانش (۲۰۰۹) اثر تمرینات عصبی‌ـعضلانی را روی ۱۸۳۷ بازیکن مرد و زن (۲۵۱ مرد و ۱۵۸۶ زن) ۱۷ـ۱۵ سال درطول یک فصل بازی‌های لیگ (۸ ماه) تجربه کردند و کاهش بیش از ۵۰٪ آسیب‌های رباط صلیبی قدامی را در مردان مشاهده کردند. همچنان که اثر این تمرینات در پژوهش نوییس و همکارانش (۲۰۰۵) روی زنان و مردان بین ۱۹ـ۱۱ سال هم نشان داد، فاصلهٔ بین دو زانو در لحظهٔ پرش (تیک آف) و هنگام فرود در هر دو جنسیت به‌طور معناداری افزایش یافته و به حالت طبیعی خود نزدیک‌تر شده است. در جدیدترین پژوهش‌ها، نیز اظهار شده است تمرینات عصبی‌ـعضلانی، هم از نمای سه‌بعدی و هم از نمای دوبعدی بر کاهش زاویهٔ والگوس تأثیرگذار بوده است (بل، اُآتس، کلارک و پادوآ[2]، ۲۰۱۳، ص. ۴۴۵).

با توجه به مطالعهٔ در زمینهٔ مقایسهٔ ارزیابی سینماتیکی دوبعدی و سه‌بعدی زانو در فرود با یک پا (السون، چپنی، ویلسون، کموزک و استاکر[3]، ۲۰۱۱، ص.۹۶)، مشاهده شد که اطلاعات به‌دست‌آمده باهم اختلاف دارند. این موضوع بیانگر آن است که ارزیابی سینماتیکی از مفصل

1. Landing Error Scoring System (LESS)
2. Bell, Oates, Clark & Padua
3. Olson, Chebny, Willson, Kernozek & Straker

زانو با نمای دوبعدی (بیشتر پژوهش‌ها از این نوع ارزیابی استفاده می‌کنند) نمی‌تواند با مشخصه‌های ارزیابی سینماتیکی سه‌بعدی قابل‌مقایسه باشد و ممکن است علت متفاوت‌بودن برخی نتایج پژوهش‌های اخیر به این موضوع مربوط باشد؛ بنابراین، لازم است برای اطمینان از تأثیر برنامه‌های تمرینی عصبی‌ـعضلانی در راستای زانو، پژوهش‌های بیشتری با ارزیابی‌های قابل‌اطمینان و دقیق‌تری انجام گیرد.

ازاین‌رو، در پژوهش حاضر سعی شد با استفاده از تجربیات پژوهش‌های گذشته، برنامهٔ تمرینی عصبی‌ـعضلانی طراحی شود که بتواند تمرینات مقاومتی (تمرین شمارهٔ چهار)، پلیومتریک (تمرین شمارهٔ پنج)، انعطاف‌پذیری، استقامتی، سرعتی (تمرین شمارهٔ یک) و به‌ویژه تمرینات حس عمقی‌ـتعادلی (تمرینات شمارهٔ دو و سه) را با ویژگی‌های تمرینی (شدت، مدت و نوع تمرین) مناسب برای بازیکنان هندبال در مدت زمان ۲۰ـ۱۵ دقیقه در شروع تمرین پوشش دهد (جدول ۲). همچنین، پژوهش حاضر می‌تواند تأثیر یک برنامهٔ تمرینی عصبی‌ـعضلانی را بر عملکرد اندام تحتانی و راستای سه‌بعدی زانوی مردان هندبالیست در فرود یک پا ـ که از مهم‌ترین نشانه‌های آسیب‌های زانو در این ورزش است ـ از این جهت حائز اهمیت بداند که روش ارزیابی سه‌بعدی سینماتیک مفصل زانو در مقایسه با ارزیابی سینماتیکی دوبعدی، ارزیابی دقیق‌تری است که با توجه به گرانی ابزار اندازه‌گیری، تخصصی‌بودن کار با آن، کمتر دردسترس‌بودن این ابزار و همچنین، محاسبات و تفسیر اطلاعات پیچیده و بسیار فنی که در این روش وجود دارد، پژوهشگران تمایل کمتری به این روش ارزیابی دارند و ترجیح می‌دهند بیشتر از ارزیابی‌های دوبعدی استفاده کنند. ازاین‌رو، به احتمالی قوی می‌توان گفت برنامهٔ تمرینی عصبی‌ـعضلانی در این پژوهش، به‌طور معناداری موجب بهبود عملکرد اندام تحتانی و راستای سه‌بعدی زانو شده است. هرچند این تمرینات در بهبود زاویهٔ فلکشن زانو تفاوت معنا-داری نداشته؛ اما می‌تواند به‌عنوان عاملی پیشگیرانه برای افزایش‌نیافتن زوایای چرخش داخلی و والگوس زانو در طول فصل مسابقات موردتوجه واقع شود.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با همکاری باشگاه فرهنگی ورزشی موسسه مالی و اعتباری ثامن‌الحجج (عج) و دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه فردوسی مشهد انجام گردید.

منابع

1. Barendrecht, M. Lezeman, H. C. A. Duysens, J. Smits-Engelsman, B, C, M. (2011). Neuromuscular training improves knee kinematics, in particular in valgus aligned adolescent team handball players of both sexes. J Strength Cond Res. 25(3):575-584.
2. Bell, D. R. Oates, D. C. Clark, M. A. Padua, D. A. (2013). Two and 3-dimensional knee valgus are reduced after an exercise intervention in young adults with demonstrable valgus during squatting. J Athl Training. 48(3):442-449.
3. Boden B P, Torg J S, Knowles S B. 2009. Video analysis of anterior cruciate ligament injury: Abnormalities in hip and ankle kinematics. Am J Sports Med. 37:252–259.
4. Decker, M. J. Torry, M. R. Wyland, D. J. Sterett, W. I. Steadman, J. R. 2003. Gender differences in lower extremity kinematics, kinetics and energy absorption during landing. Clin Biomech (Bristol, Avon). 18(7):662–669.
5. DeMorat, G. Weinhold, P. Blackburn, T. (2004). Aggressive quadriceps loading can induce noncontact anterior cruciate ligament injury. Am J Sports Med. 32:477–483.
6. Dennis, J. C. Harmer, P. Schiff, M. (2010). Epidemiology of injury in Olympic Sports. An IOC Medical Commission Publication by Blackwell Publishing Ltd, City of Hoboken, the state of New Jersey.
7. DiStefano, L. J. Padua, D. A. DiStefano, M. J. Marshall, S. W. (2009). Influence of age, sex, technique, and exercise program on movement patterns after an anterior cruciate ligament injury prevention program in youth soccer players. Am J Sports Med. 37:495–505.
8. Emery, C. A. Cassidy, J. D. Klassen, T. P. Rosychuk, R. J. Rowe, B. H. (2005). Effectiveness of a home-based balance-training program in reducing sports-related injuries among healthy adolescents: A cluster randomized controlled trial. CMAJ. 172:749–754.
9. Ford, K. R. Myer, G. D. Hewett, T. E. (2003). Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. Med Sci Sport Exer. 35(10):1745-1750.
10. Ford, K. R. Myer, G. D. Toms, H. E. Hewett, T. E. (2005). Gender differences in the kinematics of unanticipated cutting in young athletes. Med Sci Sports Exer. 37(1):124-129.
11. Grandstrand, S. L. Pfeifer, R. P. Sabick, M. B. DeBelisio, M. Shea, K. G. (2006). The effects of a commercially available warm-up program on landing mechanics in female youth soccer players. J Strength Cond Res. 20:331–335.
12. Griffin, L. Y. Albohm, M. J. Arendt, E. A. Bahr, R. Beynnon, B. D. (2006). Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: A review of the Hunt Valley II meeting, January 2005. Am J Sports Med. 34:1512–1532.
13. Herrington, L. (2011). Knee valgus angle during landing tasks in female volleyball and basketball players. J Strength Cond Res. 25(1):262-266.
14. Hewett, T. E. Myer, G. D. Ford, K. R. (2005). Biomechanical measures of

neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: A prospective study. Am J Sports Med. 33:492–501.
15. Holm, I. Fosdahl, M. A. Friis, A. Risberg, M. A. Myklebust, G. Steen, H. (2004). Effect of neuromuscular training on proprioception, balance, muscle strength, and lower limb function in female team handball players. Clin J Sport Med. 14:88–94.
16. Hrysomallis, C. (2007). Relationship between balance ability, training and Sports injury risk. Sports Med. 37(6):547–556.
17. Irmischer, B. S. Harris, C. Pfeiffer, R. P. DeBeliso, M. A. Adams, K. J. Shea, K. G. (2004). Effects of a knee ligament injury prevention exercise program on impact forces in women. J Strength Cond Res. 18:703–707.
18. Junge, A. Langevoort, G. Pipe, A. Peytavin, A. Wong, F. Mountjoy, M. et al. (2006). Injuries in team sport tournaments during the 2004 Olympic Games. Am J Sports Med. 34:565-576.
19. Kernozek, T. W. Torry, M. R. Hoof, H. Cowley, H. Tanner, S. (2005). Gender differences in frontal and sagittal plane biomechanics during drop landings. Med Sci Sports Exer. 37(6):1003-1012.
20. Krosshaug, T. Nakamae, A. Boden, B. P. (2007). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: Video analysis of 39 cases. Am J Sports Med. 35:359–367.
21. Lee, S. Y. Hertel, J. (2012). Arch height and maximum rearfoot eversion during jogging in 2 static neutral positions. J Athl Training. 47(1):83-90.
22. Mandelbaum, B. R. Silvers, H. J. Watanabe, D. S. Knarr, J. F. Thomas, S. D. Griffin LY, et al. (2005). Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes. 2-year follow-up. Am J Sports Med. 33:1003–1010.
23. Myer, G. D. Ford, K. R. Brent, J. L. Hewett, T. E. (2007). Differential neuromuscular training effects on ACL injury risk factors in "high-risk" versus "low-risk" athletes. BMC Musculoskelet Disord. 8:39-45.
24. Myer, G. D. Ford, K. R. Hewett, T. E. (2004). Rationale and clinical techniques for anterior cruciate ligament injury prevention among female athletes. J Athl Train. 39:352–364.
25. Myer, G. D. Ford, K. R. Palumbo, J. P. (2005). Neuromuscular training improves performance and lower-extremity biomechanics in female athletes. J Strength Cond Res. 19:51–60.
26. Myklebust, G. Engebretsen, L. Braekken, I. H. Skjolberg, A. Olsen, O. E. Bahr, R. (2003). Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: A prospective intervention study over three seasons. Clin J Sport Med. 13:71–78.
27. Nakao, S. Komatsu, K. Sakai, W. Kashihara, M. Masuda, Y. Nishikawa, K. et al. (2011). Gait and posture assessments of a patient treated with deep brain stimulation in dystonia using three-dimensional motion analysis systems. The Journal of Medical Investigation. 58:264-272.
28. Noyes, F. R. Barber, S. D. Mangine, R. E. (1991). Abnormal lower limb

symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture. Am J Sports Med. 19:513–518.
29. Noyes, F. R. Barber-Westin, S. D. Fleckenstein, C. Walsh, C. West, J. (2005). The drop jump screening test, difference in lower limb control by gender and effect of neuromuscular training in female athletes. Is J Sports Med. 33:378–387
30. Olsen, O. E. Myklebust, G. Engebretsen, L. Bahr, R. (2006). Injury pattern in youth team handball: A comparison of two prospective registration methods. Scand J Med Sci Sports. 16:426–432.
31. Olsen O E, Myklebust G, Engebretsen L, Holme I Bahr R. 2009. Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: Cluster randomised controlled trial. BMJ. 330:449.
32. Olsen, O. E. Myklebust, G. Engebretsen, L. (2004). Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. Am J Sports Med. 32:1002–1012.
33. Olson, T. J. Chebny, C. Willson, J. D. Kernozek, T. W. Straker, J. S. (2011). Comparison of 2D and 3D kinematic changes during a single leg step down following neuromuscular training. Phys Ther Sport. 12(2):93-99.
34. Pánics, G. Tállay, A. Pavlik, A. Berkes, I. (2008). Effect of proprioception training on knee joint position sense in female team handball players. Br J Sports Med. 42(6):472–476.
35. Prentice, W. E. (2004). Rehabilitation techniques f or sports medicine and athletic training. 4th ed. Published by McGraw-Hill in Canada.
36. Winter, D. (2009). The biomechanics and motor control of human gait. 4th ed. Canada: Waterloo: University of Waterloo Press.
37. Yu, B. Garrett, W. E. (2007). Mechanisms of non-contact ACL injuries. Br J Sports Med. 41(1): 47–51.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

The Influence of a Neuromuscular Exercise Program on Lower Limb Function and Knee 3D Alignment of Handball Male Players in single leg Landing

M. Mohammadi[1], M.H. Alizadeh[2], E. Ebrahimi[3], E. Shirzad[4]

1. Assistant Professor, Hakim Sabzevari University
2. Associate Professor, University of Tehran
3. Full Professor, Iran University of Medical Sciences
4. Assistant Professor, University of Tehran

Received date: 2013/30/06 **Accepted date: 2013/21/12**

Abstract

The knee positions could be parameters for injury of handball players in landing. Preventive exercise programs may decrease the injury of players. The aim of this study was to investigate the effect of a Neuromuscular Exercise Program on lower limb kinematics and single leg stability in male handball players. 40 handball players (Regular Training: n=20, height 187.7±5.5 cm; weight 89.0±10.1 kg; age 25.4±13.6 years; handball experience 11.6±6.4 years and neuromuscular training: n=20, height 185.3 ±6.4 cm; weight 86.8±13.6 kg; age 24.2±3.8 years; handball experience 10.8±3.3 years) were selected from two clubs participating in Iran Super League on 2012-2013. There were significant differences between the two groups in inward rotation of femur, knee valgus angles and single leg stability. No significant difference was found in knee flexion angle. Neuromuscular training can improve overall performance and reduce lower extremity valgus angle and internal rotation of the knee during landing with one leg. It may help handball players to prevent knee ligaments injuries, especially ACL, during competition season.

Key Words: Lower Limb Neuromuscular Training, Knee Functional, Knee 3D Alignment, Team Handball Male Players, One Legged Landing.

***(Corresponding Author)** **E-mail**: mohammadi32@yahoo.com