مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان / دوره بیستم / خرداد و تیر ۱۳۹۴ /۱۰۵-۸۵

بررسی آزمونهای غربالگری نقص های عصبی عضلانی موثر در آسیب غیربرخوردی لیگامان صلیبی قدامی (مقاله مروری)

هیمن محمدی[۱]، حسن دانشمندی[۲]، محمدحسین علیزاده[۳]، علی شمس ماجلان[۴]

۱. دانشجوی دکتری حرکات اصلاحی و آسیب شناسی ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. (نویسنده مسؤول)، تلفن ثابت: ۰۴۴-۲۶۲۳۱۸۳۵، hemn.m.64@gmail.com

۲. دانشیار حرکات اصلاحی و آسیب شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

۳. دانشیار حرکات اصلاحی و آسیب شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۴. استادیار حرکات اصلاحی و آسیب شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

چکیده

مقدمه : پارگی لیگامان صلیبی قدامی ،علاوه بر هزینه درمانی زیاد، موجب از دست دادن مشارکت ورزشی ، آسیب‌های ثانویه و مشکلات روحی ورزشکارن می گردد و پیشگیری از آن در اولویت کاری محققان قرار گرفته است. هدف از این تحقیق مروری بر آزمون‌های غربالگری نقص‌های عصبی عضلانی موثر در آسیب غیر برخوردی لیگامان صلیبی قدامی می باشد.

روش بررسی: جستجوی مقالات مرتبط در سایت های تخصصی PubMed Medline و Science Direct با محدوده پوشش مقالات در زمینه های "آزمون غربالگری" ،" نقص عصبی‌عضلانی" و " آسیب غیربرخوردی ACL" در دو دهه اخیر بود.

نتایج : آزمون های جهش، دارای اعتبار بالایی هستند و ارتباط معنی‌داری بین شاخص تقارن اندام‌ها و گشتاور ایزوکنتیکی اکستنسور زانو وجود دارد. آزمون‌های تعادلی ایستا و پویا دارای روایی و پایایی بالایی بوده و نتایج این آزمون‌ها با آسیب ACL ارتباط دارد. هر دو آزمون اسکات جفت پا و تک پا، اعتبار بالایی داشته و جهت ارزیابی ضعف کنترل عصبی عضلانی، کنترل تنه ، انعطاف پذیری پویا، قدرت ران و تعادل استفاده می شوند. آزمون تعدیل شده سیستم امتیازدهی خطای فرود جهت شناسایی الگوهای حرکتی مرتبط با افزایش خطر بروز آسیب غیربرخوردی ACL استفاده می‌شود. آزمون غربالگری ویدیوئی فرود پرش در صفحه فرونتال و جهت ارزیابی راستای ولگوس زانو و آزمون پرش تاک جهت شناسایی شایع ترین نقص های عصبی عضلانی مرتبط با مکانیسم های زیربنایی آسیب ACL ، استفاده می‌شوند.

نتیجه گیری: آشنایی با آزمون‌های غربالگری معتبر و مرتبط با آسیب غیر برخوردی ACL ، به محققان پیشگیری از آسیب در انتخاب آزمون مناسب ، جهت شناسایی افراد دارای نقص های عصبی عضلانی ویژه و مستعد آسیب ACL کمک می نماید و پژوهشگران می توانند برنامه های تمرینات اصلاحی تخصصی تر ارائه نمایند.

واژه‌های کلیدی : آزمون غربالگری ، نقص عصبی عضلانی ، آسیب غیربرخوردی لیگامان صلیبی قدامی

وصول مقاله:۹۳/۶/۱۶ اصلاحیه نهایی:۹۳/۱۱/۵ پذیرش:۹۳/۱۱/۱۲

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/20.2.85]

مقدمه

آسیب رباط صلیبی قدامی[1] (ACL) یکی از جدی‌ترین و پر هزینه‌ترین آسیب‌های زانو در ورزشکاران می‌باشد (۱). صرف نظر از هزینه‌های تشخیص و توانبخشی این آسیب ، هزینه پزشکان متخصص و بیمارستان ۱۲۷۴۰ دلار برآورد شده است (۲). از طرف دیگر افراد دارای سابقه آسیب ACL در معرض توسعه استئوآرتریت قرار دارند (۳). بر همین اساس محققان بیشتر توجه خود را معطوف توسعه و اجرای برنامه‌های پیشگیری از آسیب ACL نموده‌اند (۴و۵).

شناسایی ورزشکارانی که ممکن است بیشتر در معرض خطر بروز آسیب ACL باشند اهمیت بسزایی در توسعه برنامه های پیشگیری از آسیب دیدگی لیگامانی زانو دارد. تنها یک آزمون را نمی‌توان پیدا کرد که پیش بینی بسیار دقیقی از ورزشکار در معرض خطر داشته باشد. همچنین دانش به این امر حیاتی است که آزمون‌های آزمایشگاهی معتبر، مؤثر و پرهزینه که ممکن است با شاخص‌های بیومکانیکی خطر آسیب ACL در ارتباط باشند توانایی پیش بینی واقعی آسیب ACL در آینده ورزشکار را ندارند. به عنوان مثال اخیراً در اجرای آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود[2]، بر روی گروهی متشکل از ۵۰۴۷ ورزشکار دانشجو و دبیرستانی، نشان داده شد که این آزمون نمی‌تواند آسیب غیربرخوردی ACL را پیش بینی کند (۶).

در بررسی مکانیک بدن و وضعیت آسیب در حین یا بلافاصله پس از پارگی ACL، مولفه‌های آنالیز ویدیوئی بیانگر کاهش زاویه فلکشن زانو، افزایش زاویه فلکشن ران، ولگوس کولاپس زانو، کاهش زاویه پلانتارفلکشن مچ پا (کف پای صاف)، افزایش چرخش داخلی ران، افزایش چرخش داخلی یا خارجی تیبیا در حین آسیب غیربرخوردی ACL می‌باشد (۷و۸). بنابراین باید آزمونهایی را توصیه نمود که این مکانیک‌های غیرنرمال را در حین فعالیت‌هایی از قبیل فرود از پرش، پرش یا گام به پهلو ترسیم نمایند. اغلب تحقیقات انجام شده بر روی شاخص‌های عصبی عضلانی در دو دهه اخیر از صفحه نیرو و سیستم‌های آنالیز حرکتی چند دوربینی استفاده نموده‌اند و مطالعات بر روی آزمون‌های غربالگری ارزان قیمت تر نسبتاً کمتر است. در پژوهش حاضر، کاربردی‌ترین آزمون‌های غربالگری نقص های عصبی عضلانی موثر در آسیب غیربرخوردی لیگامان صلیبی قدامی با در نظر گرفتن حداقل امکانات موجود و بر اساس منابع مالی محدود معرفی و مورد بحث و بررسی قرار خواهند گرفت که شامل آزمون عملکردی جهش تک پا[3]، آزمون جهش تک پا[4]، آزمون جهش سه گانه تک پا[5]، آزمون جهش سه گانه متقاطع تک پا[6]،آزمون مدت زمان جهش تک پا[7]، آزمون تعادلی ستاره[8]، آزمون سیستم امتیاز دهی خطای تعادل[9] (BESS)، آزمون اسکات جفت پا[10]، آزمون اسکات تک پا[11]، آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود (LESS)، آزمون غربالگری ویدیوئی فرود پرش[12] و آزمون پرش تاک[13] می‌باشد.

روش بررسی

لازمه تدوین یک مقاله مروری با کیفیت، دسترسی جامع به مقالات مرجع می‌باشد. چرا که مقالات مرجع بهترین شواهد علمی برای پاسخ به سوالات تحقیق می‌باشند. برای یافتن پاسخ به سوال این پژوهش یعنی معرفی آزمون‌هایی جهت بررسی عملکرد عصبی‌عضلانی مرتبط به آسیب غیربرخوردی ACL با در نظر گرفتن حداقل امکانات موجود و بر اساس منابع مالی محدود، بررسی جامع مطالعات انجام

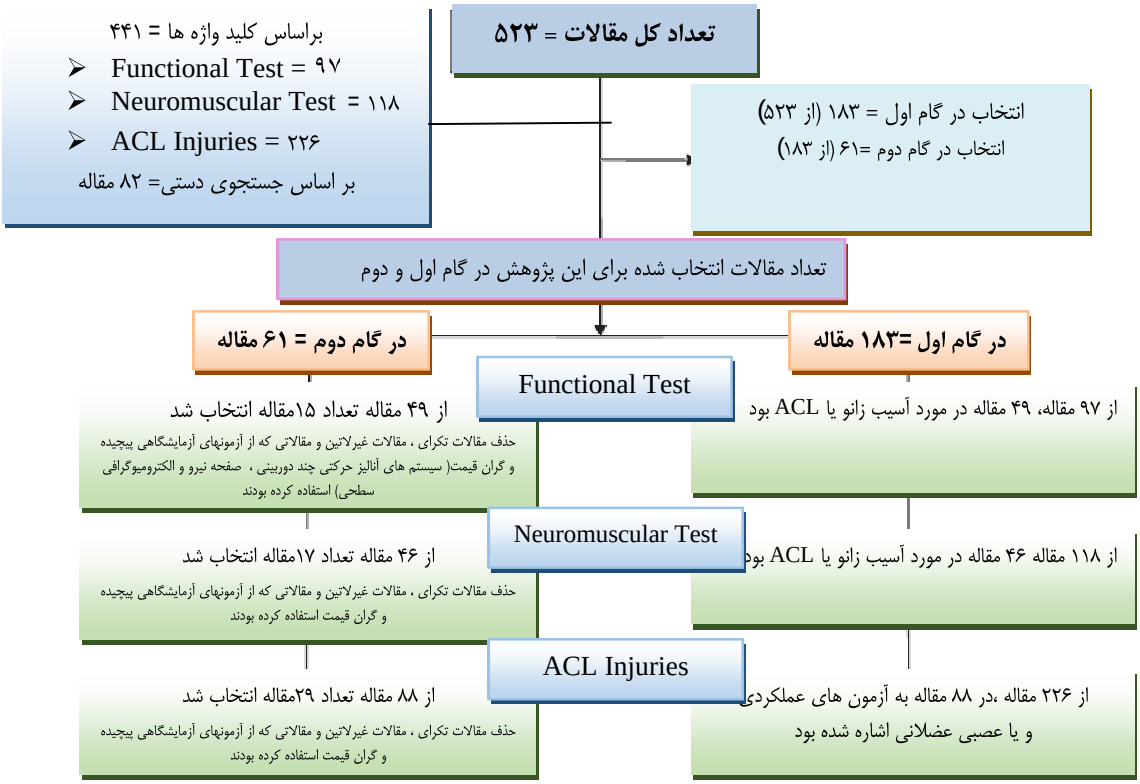
1.Anterior Cruciate Ligament
2. Landing Error Scoring System

3. Single-Leg Functional Hop Tests
4. Single-Leg Hop Test
5. Single-Leg Triple Hop
6. Single-Leg Triple Crossover Hop
7. Timed Single-Leg Hop
8 . Star Excursion Balance Test (SEBT)
9 . Balance Error Scoring System
10 . Double-Leg Squat Test
11.Single-Leg Squat Test
12. Video Drop-Jump Screening Test
13. Tuck jump Test

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/20.2.85]

شـد. در ایـن راسـتا جسـتجوی پیشـینه تحقیـق از طریـق موتورهـای جسـتجوگر الکترونیـک در دو دهـه اخیـر در سایت‌های Science Direct ، Electronic Medline Database انجام شد و عبارات " Functional Test " ، " Neuromuscular Test " و " ACL Injuries " در عناوین جستجوها مورد استفاده قرار گرفتند. جستجوی دستی نیز برای یافتن مقالاتی که از طریق جستجوی پایگاه های اطلاعاتی امکان پذیر نبود صورت گرفت. سپس در گام اول بر اساس معیارهای ورود به تحقیق (مقالات حاوی اطلاعاتی در مورد آزمونهای تشخیص نقص های عصبی عضلانی ACL) و براساس کلید واژه از بین ۵۲۳ مقاله موجود ۱۸۳ مقاله انتخاب شد. در گام دوم و با مطالعه ۱۸۳ مقاله پذیرفته شده در گام اول ، مقالات تکراری، غیرلاتین و مقالاتی که از آزمونهای آزمایشگاهی پیچیده و گران قیمت (سیستم‌های آنالیز حرکتی چنددوربینی، صفحه نیرو و الکترومیوگرافی سطحی) استفاده کرده بودند، حذف و در نهایت ۶۱ مقاله برای انجام پژوهش حاضر انتخاب گردید (نمودار ۱).



نمودار ۱ : روش انتخاب مقالات برای پژوهش

یافته ها

آزمون عملکردی جهش تک پا: آزمونی ارزشمند و معتبر در تعیین ناهنجاری عدم تقارن اندام تحتانی و ارزیابی توانایی ورزشکار برای جهش و حفظ فرود تک پا(۹)می باشد. اگر ورزشکار توانایی "فرود و حفظ آن[1]" در حین فرود با فلکشن زانو و ران را داشته باشد دارای ثبات مرکزی و کنترل اندام فوقانی و تحتانی است. اگر علیرغم توانایی حفظ فرود، جابجایی اندک زانو به سمت جلو یا عقب را تجربه کند ورزشکار دارای ضعف کنترل اندام فوقانی و پاسچر است و اگر قادر به حفظ فرود نباشد و زمین بخورد. جهت

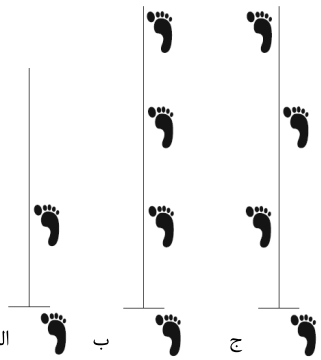
1.stick and hold

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/20.2.85]

حل مشکل موجود توصیه می شود ورزشکار تمرین تعادلی تک پا، همراه با تمرینات تقویتی تک پا را چندین جلسه در هفته انجام دهد (۱۰).

آزمون جهش تک پا : ورزشکار بر روی پای آزمون طوری می ایستد که نوک پنجه پا دقیقاً پشت نقطه شروع نوار باریک به طول سه متر قرار بگیرد. آزمون شامل جهش رو به جلو و پیمودن حداکثر مسافت ممکن و فرود روی همان پا و نهایتاً حفظ فرود به مدت حداقل دو ثانیه می‌باشد (شکل ۱ الف). پس از انجام دو یا سه کوشش تمرینی ، دو جهش تک پای کامل را با هر پا انجام می دهد و مسافت طی شده ثبت و جهت ارزیابی تقارن دو اندام استفاده می شود که شاخص آن با تقسیم نمودن مسافت جهش پای راست بر مسافت جهش پای چپ و ضرب نمودن عدد حاصل در ۱۰۰ محاسبه می شود (۱۱و۹).



شکل ۱:آزمون جهش تک پا : (الف : جهش تک پا، ب : جهش سه گانه، ج : جهش سه گانه متقاطع)

آزمون جهش سه گانه تک پا : یک نوار باریک به طول شش متر بر روی زمین قرار می گیرد. ورزشکار بر روی پای آزمون طوری می ایستد که نوک پنجه پا دقیقاً پشت نقطه شروع نوار باریک قرار بگیرد. نحوه انجام آزمون شامل اجرای ۳ جهش متوالی به سمت جلو همراه با پیمودن حداکثر مسافت ممکن و فرود روی همان پا در هر جهش و نهایتاً حفظ حالت فرود به مدت حداقل سه ثانیه می باشد (شکل ۱ ب). ورزشکار پس از انجام دو یا سه کوشش تمرینی ، دو مورد جهش سه گانه تک پا را برای هر دو پا انجام می دهد و کل مسافت طی شده برای هر پا ثبت و جهت ارزیابی تقارن دو اندام استفاده می شود که شاخص آن با تقسیم نمودن حداکثر مسافت جهش سه گانه پای راست بر حداکثر مسافت جهش سه گانه پای چپ و ضرب نمودن عدد حاصل در ۱۰۰ محاسبه می شود (۱۱و۹).

آزمون جهش سه گانه متقاطع تک پا : نوک پنجه پای آزمون دقیقاً پشت نقطه شروع نوار باریک قرار می گیرد. نحوه انجام آزمون شامل اجرای سه جهش متوالی متقاطع به سمت جلو همراه با پیمودن حداکثر مسافت ممکن و عبور از نوار باریک روی زمین و فرود روی همان پا در هر جهش و نهایتاً حفظ حالت فرود به مدت حداقل سه ثانیه می باشد (شکل ۱ ج). پس از انجام ۲ یا ۳ کوشش تمرینی، ورزشکار دو مورد جهش سه گانه متقاطع تک پا را برای هر دو پا انجام می دهد و کل مسافت طی شده برای هر پا ثبت و جهت ارزیابی تقارن دو اندام استفاده می شود که شاخص آن همانند شاخص جهش سه گانه تک پا محاسبه می شود (۱۳و۱۲).

آزمون مدت زمان جهش تک پا : آزمون شامل جهش رو به جلو با حداکثر سرعت ممکن و پیمودن کل مسافت شش متر و رسیدن به نقطه انتهایی نوار باریک روی زمین با جهش، بدون از دست دادن تعادل، می باشد. ورزشکار پس از انجام دو یا سه کوشش تمرینی، دو مورد جهش تک پا

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/20.2.85]

زمان دار را برای هر دو پا انجام می دهد و متوسط مدت زمان کل مسافت طی شده برای هر پا ثبت و جهت ارزیابی تقارن دو اندام و محاسبه شاخص تقارن پای راست به چپ استفاده می شود (۱۴و۱۳).

آزمون تعادلی ستاره (SEBT) : آزمودنی علاوه بر اینکه باید ثبات خود را هنگام ایستادن روی یک پا با پای برهنه حفظ نمایند باید تلاش کند دورترین فاصله ممکن را با پای دیگر در هشت جهت (قدامی، خلفی، داخلی، خارجی، قدامی داخلی، قدامی خارجی، خلفی داخلی و خلفی خارجی هستند و زاویه بین آنها ۴۵ درجه) لمس کند که لازمه آن داشتن قدرت، کنترل عصبی عضلانی و دامنه حرکتی کافی ران، زانو و مچ پا می باشد (۱۵). برای انجام این آزمون ورزشکار تا پایان آزمون دستهایش را بر روی کمر قرار می دهد و نوک پنجه یک پا بر روی مرکز دایره قرار می گیرد باید دقت نمود پای آزمون با لمس زمین حمایتی را برای حفظ تعادل و کمک به آن ایجاد نکند. پاشنه پای ایستا نباید جابجایی داشته باشد یا از زمین جدا شود. پس از چهار کوشش تمرینی، سه کوشش آزمون در هر جهت انجام می شود و یک دقیقه استراحت بین هر جهت داده می شود و سپس همین روند برای پای دیگر انجام می شود. امتیاز آزمون با اندازگیری فاصله محل تماس پا روی خط تا مرکز دایره بدست می آید و برابر با میانگین مسافت بدست آمده از سه کوشش آزمون برای هر یک از جهات می باشد. طول پای ورزشکار در حالت طاقباز از خار خاصره قدامی تحتانی تا دورترین نقطه قوزک داخلی با متر نواری اندازه گیری شده و برای استاندارد نمودن مسافت دست یابی با تقسیم نمودن امتیاز آزمون بر طول پا ضرب عدد حاصل در ۱۰۰ برای هر یک از جهات استفاده می شود (۱۶).

آزمون سیستم امتیازدهی خطای تعادل (BESS) : روشی مقرون به صرفه و عینی برای ارزیابی ثبات پاسچرال است. این آزمون تعادلی متشکل از سه وضعیت ایستادن (دو پا، تک پا و تاندم) در دو سطح متفاوت (سطح سخت یا فومی) می باشد (شکل ۲). ورزشکار حین این آزمون دستها را بر روی کمر قرار داده، چشمان را بسته، بدون کفش و وضعیت پاها بسته به نوع ایستادن متفاوت می باشد. در ایستادن دو پا، پاها صاف بر روی سطح و با فاصله تقریبا هم عرض لگن قرار می گیرند. در ایستادن تک پا، ورزشکار بر روی پای غیر برتر می ایستد و پای برتر در وضعیت تقریبا ۳۰ درجه فلکشن مفصل ران، ۴۵ درجه فلکشن زانو و موقعیت خنثی در صفحه فرونتال حفظ می شود. در ایستادن تاندم، پای برتر در جلوی پای غیر برتر قرار می گیرد بطوریکه پاشنه پای برتر در تماس با پنجه پای غیربرتر باشد (۱۸و۱۷). هر کدام از این شش کوشش در ۲۰ ثانیه انجام می شود. امتیاز دهی BESS بر مبنای شمارش تعداد خطاها (انحراف ها) از وضعیت ایستادن مطلوب می باشد. آزمونگر باید شمارش تعداد خطاها را پس از اینکه فرد در وضعیت مطلوب آزمون قرار گرفت، انجام دهد (۱۸و۱۷). با مشاهده هر خطا در ثانیه ۶ تا ۲۰ آزمون یک امتیاز خطا به امتیاز آزمودنی افزوده می شود. خطاها شامل ۱) جابجایی دست ها از روی کمر، ۲) باز کردن چشم ها، ۳) زمین گذاشتن پای غیر آزمون در ایستادن تک پا، ۴) گام برداشتن، تلو تلو خوردن و یا سقوط، ۵) آبداکشن و یا فلکشن فراتر از ۳۰ درجه مفصل ران، ۶) جدا شدن پنجه و یا پاشنه پا از روی سطح آزمون و ۷) عدم حفظ موقعیت صحیح آزمون برای مدت بیش از ۵ ثانیه می باشد. حداکثر تعداد خطاها برای هر یک از وضعیت ها ۱۰ است. اگر یک آزمودنی بطور همزمان مرتکب خطاهای متعدد شد، تنها یک خطا برای او ثبت می شود. بیشترین امتیاز منفی (عدد ۱۰) به آزمودنی هایی تعلق می گیرد که نتوانند فرآیند آزمون را برای حداقل ۵ ثانیه ادامه دهند، آزمون با سه تکرار و فاصله استراحت یک دقیقه ای بین تکرارها انجام می گردد (۱۸و۱۷).

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/20.2.85]



شکل ۲: آزمون BESS بر روی دو سطح سخت و فومی در سه وضعیت ایستادن : الف. دو پا ، ب تاندم ، ج. تک پا

آزمون اسکات تک پا: آزمون اسکات تک پا با ایستادن ورزشکار روی یک پا و قرار دادن دستها بر روی کمر (یا آزاد کنار بدن) شروع می شود، پای غیر آزمون باید دارای حدود ۴۵ درجه فلکشن زانو باشد و این حالت را تا انتهای آزمون حفظ کند، سر و چشم ها مستقیم رو به جلو می باشند. از ورزشکار خواسته می شود اسکات کنترل شده رو به پایین تا زاویه ۴۵ درجه (اغلب زاویه ۹۰ درجه) و بازگشت به حالت اولیه ایستادن روی یک پا با حفظ تعادل را انجام دهد. اگر پای آزمون زمین را لمس کند یا با پای غیر آزمون برخورد داشته باشد آزمون تکرار خواهد شد (۲۱-۱۹). آزمونگر کنترل تنه، ران، زانو و پا را مورد ارزیابی قرار می دهد. نتایج آزمون را بر حسب ۵ معیار (جدول ۱) در گروههای عالی، خوب یا ضعیف طبقه‌بندی می‌نماید (۲۲).

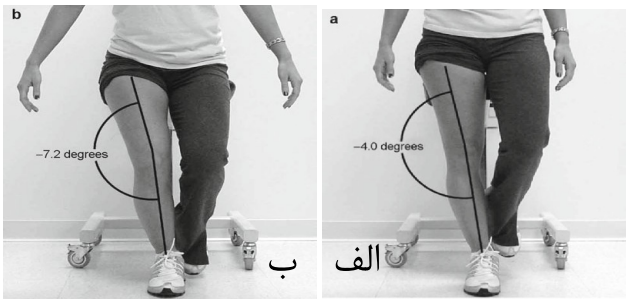
جدول ۱ : معیار های امتیاز دهی بالینی در آزمون اسکات تک پا (۲۲)

معیار (شاخص)	شرایط کسب امتیاز "خوب" برای شاخص مذکور
تاثیر کلی کوشش آزمون	
توانایی حفظ تعادل	ورزشکار تعادلش را از دست ندهد
عمق اسکات	حرکت به آرامی انجام شود
سرعت اسکات	حرکت حداقل تا ۶۰ درجه خم شدن زانو انجام شود
لرزش و اغتشاشات ورزشکار	اجرای هر اسکات حدود دو ثانیه طول بکشد
پاسچر تنه	
انحراف یا تغییر مسیر خارجی تنه	عدم انحراف یا تغییر مسیر خارجی تنه
چرخش تنه	عدم چرخش تنه
خم شدن جانبی تنه	عدم خم شدن جانبی تنه
خم شدن به جلو	عدم خم شدن به جلو
وضعیت لگن در فضا	
انحراف جانبی یا تغییر مسیر لگن	عدم انحراف جانبی یا تغییر مسیر لگن
چرخش لگن	عدم چرخش لگن
تیلت لگن	عدم تیلت لگن
مفصل لگن	
اداکشن ران	عدم اداکشن ران
چرخش داخلی ران	عدم چرخش داخلی ران
مفصل زانو	
راستای زانوها نسبت به پاها	مرکز زانو در راستای مرکز پا قرار می گیرد
ولگوس زانو	عدم ولگوس زانو

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/20.2.85]

برای کسب امتیاز عالی در آزمون، ورزشکار باید همه ی نیازمندی های ۴ مورد از ۵ معیار را کسب نماید و اگر ورزشکار نتواند حداقل نیازمندی های یک مورد از ۵ معیار را کسب کند امتیاز آزمون او در گروه ضعیف قرار می گیرد. امتیاز دهی آزمون ممکن است با ضبط آن در صفحه فرونتال و مشاهده ویدیو آن صورت پذیرد. اعتبار درون گروهی و میان گروهی بالایی برای این آزمون در تحقیقات، ICC، ۰/۹۲، گزارش شده است (۲۳و۲۲). همچنین روایی استفاده از زاویه جداسازی صفحه فرونتال (FPPA)(شکل ۳) برای ارزیابی زاویه ولگوس پویای زانو حین آزمون اسکات تک پا برای مردان و زنان به ترتیب ۰/۸۸ و ۰/۷۲ گزارش شد (۲۳). زاویه FPPA در نقطه ای که پای آزمون به حداکثر فلکشن زانو (حداقل ۴۵ درجه) می رسد اندازه گیری می شود. لاز م به ذکر است که خطی که از وسط پروگزیمال استخوان ران به وسط مفصل تیبیوفمورال وصل می‌شود به همراه خطی که از وسط مفصل تیبیوفمورال به مورتیس مچ پا وصل می شود زاویه‌ای را تشکیل می‌دهند که FPPA می‌نامند (۲۵و۲۴).



شکل ۳: زاویه جداسازی صفحه فرونتال (FPPA) : (الف) هنگام ایستادن تک پا ، ب : هنگام اسکات تک پا(۲۳)

آزمون اسکات جفت پا : در طی آزمون اسکات جفت پا هر آزمودنی پنج اسکات متوالی در وضعیت استاندارد (فاصله پاها هم عرض شانه ها، راستای پا مستقیم رو به جلو و دست ها بالای سر و آرنج قفل شده و کاملاً باز) انجام می - دهد. در صورت مشاهده والگوس زانو یک شی به ارتفاع پنج سانتی متر زیر هر دو پاشنه قرار می گیرد و فرد پنج اسکات دیگر را انجام می‌دهد (۲۶و۲۷). بالا آوردن پاشنه در حین اسکات جفت پا جهت متمایز نمودن عدم تعادل عضلانی نواحی هیپ و مچ پا می باشد که همانطور که پیش‌تر بحث شد در والگوس پویای زانو نقش دارند (۲۷و۲۶) در صورتیکه والگوس زانوی حین اسکات جفت پا با بالاآوردن پاشنه اصلاح گردید، محدودیت حرکتی مچ پا (محدودیت دورسی فلکشن) عامل اصلی والگوس زانو می باشد (۲۶) (شکل ۴). بر اساس مطالعات انجام شده در مقایسه با افراد دارای تکنیک صحیح در آزمون غربالگری اسکات جفت پا، افراد دارای والگوس پویای زانو که حین بالا آوردن پاشنه والگوس آنها اصلاح می شد دارای ضعف و سفتی پلانتارفلکسورها و محدودیت دامنه حرکتی مچ پا می باشند (۲۷و۲۶).

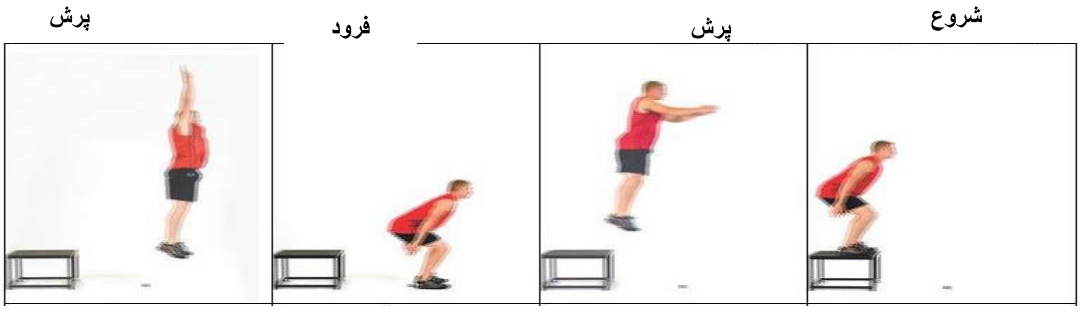


شکل ۴ : الف : آزمون اسکات جفت پا ، ب: والگوس مشهود زانو، ج : اصلاح والگوس با بالا آوردن پاشنه

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/20.2.85]

آزمون تعدیل شده سیستم امتیازدهی خطای فرود (LESS):
آزمودنی بر روی جعبه ۳۰ سانتی متری می‌ایستد و خط هدف در فاصله نصف قد فرد بر روی سطح کشیده شده است و آموزش داده می شود تا پرش رو به جلو از روی جعبه و فرود همزمان با هر دو پا روی سطح و در جلوی خط مشخص شده و بلافاصله حداکثر پرش ارتفاع عمودی را انجام دهد (شکل ۵). آزمودنی باید بین فرود روی سطح زمین و شروع به پرش عمودی مکث نکند. پس از نمایش نحوه آزمون توسط آزمونگر، معمولا دو یا سه بار فرصت تمرین به آزمودنی داده می شود. آزمودنی هیچ دستورالعملی از آزمونگر در مورد مکانیک فرود مناسب را دریافت نمی کند. در کل آزمودنی چهار کوشش را انجام می دهد و آزمونگر از نمای جلو و نمای جانبی آنرا مشاهده و ارزیابی می نماید. در طی کوشش اول و دوم آزمونگر از نمای جلو و در طی کوشش سوم و چهارم آزمونگر از نمای جانبی(پهلو) آنرا مشاهده و ارزیابی می‌کند. در جدول۲ نحوه امتیاز دهی آزمون تعدیل شده LESS ارائه شده است. آزمونگر باید هر دو اندام تحتانی را مورد بررسی قرار دهد و اگر یکی از اندامهای تحتانی خطایی (به عنوان مثال، چرخش خارجی پا) نمایش می دهد و اندام دیگر نه، در امتیازدهی آزمونگر آن خطا را برای همان آیتم خاص محسوب می کند. امتیاز نهایی با جمع همه آیتم ها تعیین می شود. اگرچه در حال حاضر نورمی برای این ارزیابی وجود ندارد، اما اجرای آزمون های دوره‌ای آن در تعیین بهبود کیفیت حرکت کمک کننده خواهند بود. ممکن است آزمون LESS برای همه افراد مطلوب نباشد بر همین اساس ارزیابی حرکات انتقالی (از قبیل، ارزیابی آزمون اسکات بالای سری) پیش از انجام ارزیابی پویا لازم است. در صورتیکه شخص هنگام ارزیابی حرکات انتقالی مشکل داشته باشد و یا احساس درد نماید نباید از LESS اصلاح شده استفاده نمود.



شکل ۵ : آزمون تعدیل شده سیستم امتیازدهی خطای فرود (LESS)

جدول ۲ : نحوه امتیاز دهی درآزمون تعدیل شده سیستم امتیازدهی خطای فرود

مشاهده نمای قدامی (از جلو)	مشاهده نمای جانبی(از پهلو)
عرض ایستادن یا فاصله دو پا : نرمال(۰) ، عریض(۱) ، عرض کم(۱)	فرود اولیه پاها : پنجه پاشنه(۰) ، پاشنه پنجه(۱) ، پای صاف(۱)
حداکثر وضعیت چرخش پا : نرمال(۰) ،چرخش خارجی متوسط(۱) ، چرخش داخلی اندک(۱)	میزان جابجایی فلکشن زانو : زیاد(۰) ، متوسط(۱) ، کم(۲)
برخورد اولیه همزمان با سطح : همزمان(۰) ، عدم همزمان بودن(۱)	میزان جابجایی فلکشن تنه : زیاد(۰) ، متوسط(۱) ، کم(۲)
حداکثر زاویه والگوس زانو : نرمال(۰) ، کم(۱) ، زیاد(۲)	جابجایی کلی در صفحه ساجیتال : زیاد (۰) ، متوسط(۱) ، کم(۲)
میزان فلکشن جانبی تنه : عدم مشاهده (۰) ، اندک تا متوسط(۱)	امتیاز کلی آزمون : عالی(۰) ، متوسط(۱) ، ضعیف(۲)

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/20.2.85]

الگوهای حرکتی خاص که معمولا در طی آسیب ACL و اندامهای تحتانی رخ می دهد شامل والگوس زانو، چرخش بیش از حد پا، و کاهش میزان خم شدن زانو (به عنوان مثال، فرود با پای صاف) می باشد (۳۰ ۲۸). استفاده از LESS اصلاح شده همه این فاکتورها را در یک قالب نظام مند و آسان برای استفاده مورد بررسی قرار داده و متخصصین می توانند با موفقیت در ارزیابی خود از آن استفاده نمایند و بر اساس اطلاعات حاصل از آن راهبرد اصلاحی برای این اختلال حرکتی را اتخاذ نمایند.

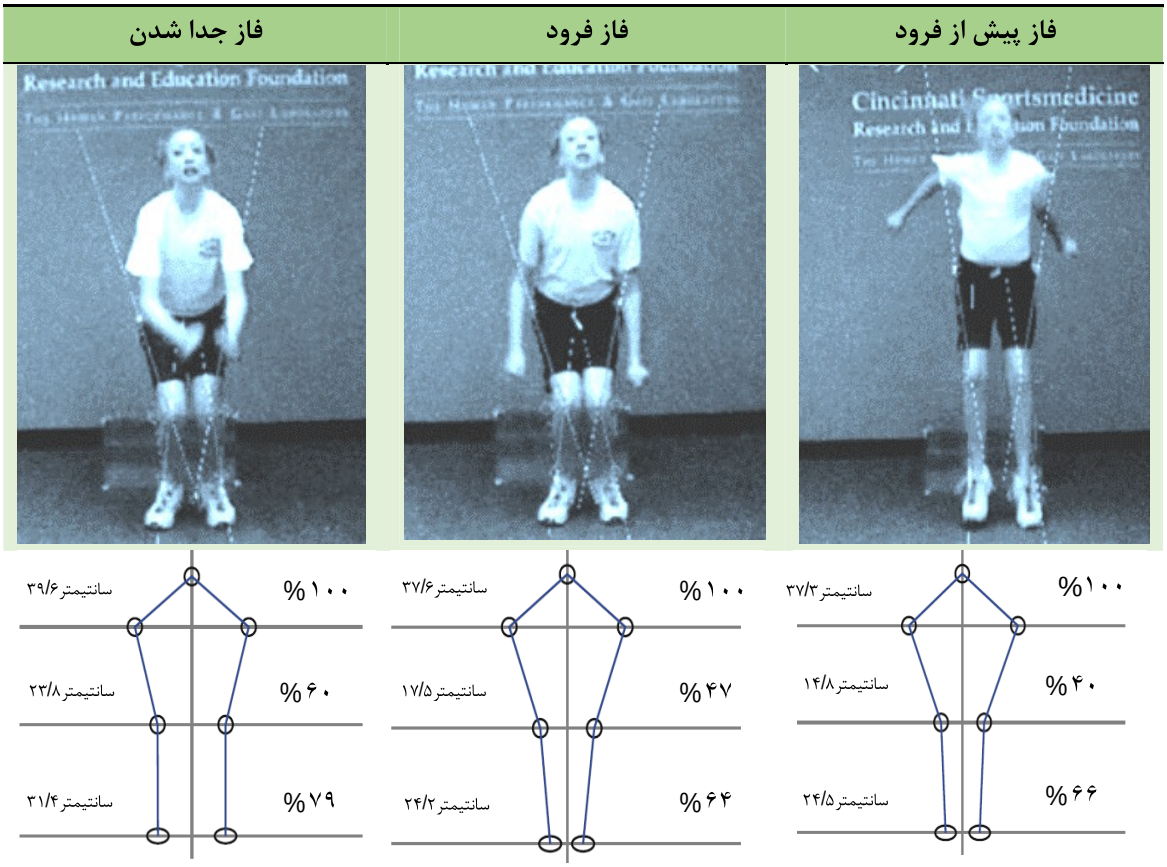
آزمون غربالگری ویدیوئی فرودپرش: برای انجام این آزمون یک دوربین دارای حافظه جانبی در ارتفاع ۱۰۲/۲۴ سانتی متر و در فاصله ۳۶۵/۷۶ سانتی متر از جعبه‌ای به ارتفاع ۳۰/۴۸ سانتی متر و عرض ۳۸/۱ سانتی متر نصب می‌شود. کره‌های ولکور[1] (۲/۵۴ سانتی متری) در چهار گوشه جعبه رو به دوربین نصب می‌شوند. ورزشکار پیراهن کامل، شورت کوتاه و تیره رنگ و کفش ساق کوتاه می پوشد. مارکرهای رفلکتیو بر روی تروکانتر بزرگ ران و قوزک خارجی هر دو پا و همچنین یک کره ولکور بر روی مرکز کشکک قرار می گیرد. در ادامه پس از آموزش مراحل پرش فرود، ورزشکار تلاش های تمرینی را برای اطمینان از درک صحیح از آموزش انجام می دهد. باید از بیان دستورالعمل نحوه فرود و پرش پرهیز کرد و فقط تاکید شود فرود مستقیم در جلو جعبه انجام شود تا فرد در زاویه صحیح نسبت به دوربین برای تصویربرداری مناسب قرار بگیرد. یک توالی پرش فرود شامل ابتدا پرش رو به پایین از روی جعبه، سپس فرود و بلافاصله حداکثر پرش عمودی ممکن می باشد و در این آزمون ورزشکار سه بار این توالی را تکرار می کند. در نهایت پس از اتمام آزمون هر سه کوشش مشاهده می شود و یکی از کوشش ها که توانایی ورزشکار در پرش را بهتر نمایش می دهد برای تجزیه و تحلیل انتخاب می شود. در مرحله بعد با پیشروی فریم به فریم در ویدئو فیلم سه تصویر انتخاب می شود، ۱) پیش از فرود : بیانگر فریمی است که پنجه پا درست پس از پرش رو به پایین از روی جعبه با زمین تماس پیدا می کند، ۲) فرود : بیانگر فریمی است که در آن ورزشکار در پایین ترین (عمیق ترین) نقطه قرار می گیرد، ۳) جدا شدن[2] : بیانگر فریمی است که حرکت دستهاو بدن به سمت بالا شروع می شود و ورزشکار آماده پرش به حداکثر ارتفاع ممکن است. در نهایت تصاویر بریده شده با کارت حافظه به کامپیوتر منتقل شده و تجزیه و تحلیل آنها توسط نرم افزارهای اقتصادی موجود انجام می شود. با استفاده از نرم افزار و بر حسب فاصله ران ها از یکدیگر، فاصله سانتی متر مطلق بین ران راست و چپ، زانوی راست و چپ، مچ پای راست و چپ استاندارد می شود. فاصله استاندارد بین دو زانو با تقسیم کردن فاصله مطلق بین دو زانو بر فاصله مطلق بین دو ران و ضرب نمودن عدد حاصل در ۱۰۰ بدست می آید. فاصله استاندارد بین دو مچ پا با تقسیم کردن فاصله مطلق بین دو مچ پا بر فاصله مطلق بین دو ران و ضرب نمودن عدد حاصل در ۱۰۰ بدست می آید (شکل ۶).

1.Velcro Circles

1.Take-Off

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/20.2.85]



شکل ۶: فتوگراف سه فاز آزمون فرود پرش . بر حسب فاصله ران ها از یکدیگر ، فاصله سانتی متر بین ران راست و چپ ، زانوی راست و چپ ، مچ پای راست و چپ استاندارد شده است. با کسب اجازه از نویز و همکاران (۳۱).

تجربیات محققان بیانگر این امر است که فاصله زانوی کمتر از ۶۰% بیانگر وضعیت غیرنرمال راستای اندام تحتانی و ولگوس زانو می باشد کوشش های پیش آزمون و پس آزمون نشان داد اعتبار میان گروهی این آزمون برای فاصله بین دو ران در فاز پیش از فرود (ICC ۰/۹۶)، فاز فرود (ICC ۰/۹۴) و فاز جدا شدن (ICC ۰/۹۴) بالاست و اعتبار درون گروهی آن برای فاصله ران ها از هم، زانوها از هم و مچ پاها از هم همگی (ICC بزرگتر از ۰/۹۰) بالا می باشد (۳۱). در صورت تمایل می توان دوربین دیگری را برای ارزیابی زاویه فلکشن ران و زانو در صفحه ساجیتال نصب نمود (۳۲). یکی دیگر از مزایای استفاده از دوربین دوم بکارگیری آن در صفحه کرونال برای ارزیابی راستای اندام تحتانی در طی حرکات برشی می باشد تا با مشاهده زاویه ساق با ران در فریم های ارائه شده در شروع مانور حرکت برشی بتوان راستای اندام تحتانی را به سه گروه ولگوس، واروس و نرمال طبقه بندی نمود (۳۳).

آزمون پرش تاک (شناسایی شایع ترین نقص های عصبی عضلانی): محققان در مطالعه آنالیز ویدئویی چهار نقص عصبی‌عضلانی (غلبه لیگامان[1]، غلبه چهارسر[2]، غلبه پا[3] و غلبه تنه[4]) را توصیف نموده‌اند که بیان شده است این نقص‌ها با مکانیسم زیربنایی آسیب ACL ارتباط دارند (۳۴). از این نقص های عصبی عضلانی می توان جهت غربالگری و تعیین افراد دارای الگوهای حرکتی نامناسب و مستعد آسیب دیدگی ACL استفاده کرد. آزمون پرش تاک(شکل ۷)

2. Ligament Dominance
3. Quadriceps Dominance
4. Leg Dominance
5. Trunk Dominance

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/20.2.85]

نیازمند تلاش بالای ورزشکار است. برای اجرای پرش تاک، ورزشکار با پاهای باز به اندازه عرض شانه می ایستد و به صورت عمودی شروع به پرش می کند و زانوهای خود را تا جایی که امکان دارد بالا می آورد. در بالاترین نقطه پرش، ران ها موازی با زمین قرار دارند. هنگام فرود، ورزشکار باید پرش تاک بعدی را شروع کند. این آزمون برای ۱۰ ثانیه اجرا می شود (۳۵و۴). برای بهبود در دقت ارزیابی، دو دوربین فیلم برداری مورد استفاده قرار می گیرند. دوربین ها با توجه به قد آزمودنی و به موازات صفحات عرضی و سهمی نسبت به آزمودنی تنظیم می‌شوند. برای کاهش خطای پرسپکتیو، دوربین ها تا حد امکان با فاصله‌ای زیاد از آزمودنی قرار می گیرند. پس از انجام آزمون، وضعیت اندام تحتانی حین فرود در صفحات عرضی و سهمی بررسی خواهد شد. فردی که در مرحله فرود زانویش به سمت ولگوس برود در حالی که فاصله بین پاهایش زیاد نیست به عنوان فرد مبتلا به نقص دینامیکی والگوس در نظر گرفته می شود (۳۵و۴).



شکل ۷ : آزمون پرش تاک (۳۵و۴)

غلبه لیگامان : این نقص زمانی رخ می‌دهد که استراتژی‌های کنترل عصبی‌عضلانی بکارگرفته شده توسط ورزشکار، پایداری دینامیک کافی را برای مفصل زانو فراهم نمی‌کنند و در نتیجه حین فعالیت‌های ورزشی میزان زیادی از نیروی عکس‌العمل زمین توسط لیگامان ها جذب می شود (۳۶) (شکل ۸) .

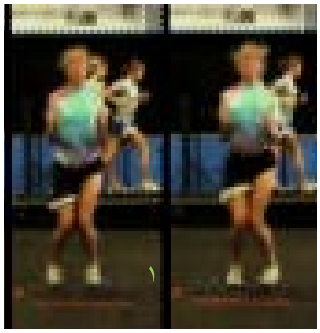
غلبه عضلات چهارسر: اگر برای تأمین ثبات زانو استراتژی های عصبی‌عضلانی بکارگرفته شده توسط ورزشکار ترجیحاً باعث فعال شدن عضلات چهار سر شوند، غلبه چهار سر اتفاق می‌افتد (۳۷) (شکل ۹). این نقص بیانگر عدم تعادل بین قدرت، فراخوانی و هماهنگی خم‌کننده‌ها و بازکننده‌های زانو می‌باشد که به ایجاد ثبات مفصل زانو، عمدتاً به وسیله عضلات چهار سر، اشاره دارد (۳۸-۳۶).

غلبه پا (پای برتر) : بیانگر تفاوت کنترل عصبی‌عضلانی بین اندام تحتانی راست و چپ می‌باشد (۳۹). این نقص به وسیله نامتقارن بودن پاها و وضعیت پا هنگام فرود از پرش توصیف شده است که در آن پای ضعیفتر و غیر برتر جلوتر از پای برتر قرار می‌گیرد (۳۰) (شکل ۱۰).

غلبه تنه: غلبه تنه به عنوان عدم تعادل بین نیازهای انرسی تنه، کنترل و هماهنگی مقابله با آن تعریف شده است (۳۸) (شکلهای ۸ تا ۱۱). به عبارتی غلبه تنه یا اختلال عملکرد مرکز بدن بطور ساده بعنوان ناتوانی در کنترل دقیق تنه در سه بعد حرکتی توصیف شده است (۳۴).

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/20.2.85]




شکل ۸ : دو مشخصه غلبه لیگامانی ۱). فرود همراه با والگوس زانو، ۲). فاصله دو پاکمتر (یا بیشتر) از عرض شانه در حین فرود

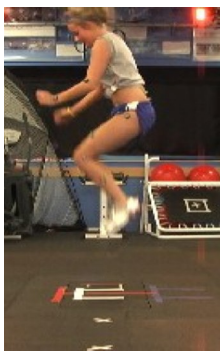
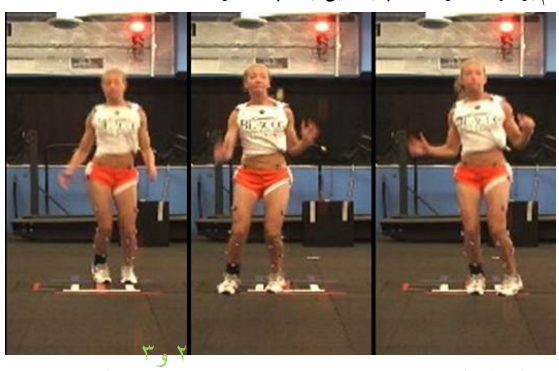


شکل ۹ :مشخصه غلبه عضلات چهارسر : فرود همراه با صدای شدید(به دلیل فلکشن اندک زانو و ران)





شکل ۱۰ : سه مشخصه غلبه پا ۱). بالا بودن یک ران نسبت به ران دیگر در مرحله پرواز ۲). موازی نبودن دو پا در فرود -یک پا عقب تر از پای دیگر - ۳). عدم برخورد همزمان دو پا با زمین(یک پا زودتر)

شکل ۱۱ : سه مشخصه غلبه تنه ۱). در اوج ارتفاع پرش ران‌ها موازی زمین نیست ۲،۳). وجود توقف بین پرش‌ها و همچنین عدم فرود در یک جای پا (عدم فرود در همان محل پرش)

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/20.2.85]

بحث

آزمون عملکردی جهش تک پا برای ارزیابی توان اندام تحتانی، تعادل پویا و کنترل تک پا و مقایسه تقارن دوطرفه اندام تحتانی استفاده می‌شود و بر اساس مطالعات انجام شده شاخص تقارن اندام تحتانی در اکثریت ورزشکاران (۹۳٪) بیش از ۸۵% است (۱۱). در تحقیقات مختلف ضریب همبستگی درون گروهی[1] (ICC) بیش از ۰/۸۵ برای اعتبار آزمون جهش تک پا (۳۹و۱۲)، ۰/۹۷ برای آزمون جهش سه گانه تک پا (۱۳) ۰/۸۵ برای آزمون جهش سه گانه متقاطع تک پا (۱۳و۱۲) و ۰/۹۰ برای آزمون مدت زمان جهش تک پا (۱۴و۱۳) و ارتباط معنی دار آماری بین شاخص تقارن اندام ها در این آزمون ها و گشتاور ایزوکنتیکی اکستنسور زانو گزارش شده است (۴۰و۱۳و۹). آزمون تعادلی ستاره (SEBT) اغلب جهت ارزیابی کنترل پاسچر پویا در ورزشکاران درگیر تمرینات عصبی عضلانی (۴۲و۴۱) ورزشکاران سالم (۴۴-۴۲) ورزشکاران دارای بی ثباتی مزمن مچ پا (۴۵و۱۵)و ورزشکاران دارای آسیب ACL (۴۶) استفاده می‌شود. این آزمون دارای ضریب همبستگی بین جلسات بالا ۰/۸۴ تا ۰/۹۳ (۴۴و۴۳) ضریب همبستگی درون گروهی بالا ۰/۸۱ تا ۰/۹۳(۴۷) و ضریب همبستگی میان گروهی بالا ۰/۸۱ تا ۰/۹۶(۴۷و۴۴و۴۲) می-باشد. پیشینه تحقیقات نشان داد که مسافت دستیابی در این آزمون در افراد دارای بی ثباتی مزمن مچ پا (۴۵و۱۵) و نقص ACL (۴۶) در مقایسه با گروه سالم کمتر است. اعتبار آزمون سیستم امتیاز دهی خطای تعادل (BESS) از متوسط (کمتر از ۰/۷۵) تا خوب (بیش از ۰/۷۵) گزارش شده است (۴۹و۴۸). مطالعات نشان داده اند که امتیاز این آزمون در افراد دارای ACL بازسازی شده در مقایسه با افراد سالم در همه موارد بیشتر است (۵۰). در آزمون اصلاح شده سیستم امتیاز دهی خطای تعادل نیز همه آزمونها در طی ۲۰ ثانیه انجام می گردد آزمون در چهار وضعیت (ایستادن دوپا نزدیک هم، ایستادن تاندم و ایستادن تک پا با پای چپ و ایستادن تک پا با پای راست) و در دو سطح (چشم باز و چشم بسته) انجام می شود و در صورتیکه وقت اندک باشد بجای استفاده از هشت وضعیت آزمون فقط سه آزمون (ایستادن دو پا با چشم بسته، ایستادن تک پا با پای چپ و چشمان باز و ایستادن تاندم با چشم باز) استفاده می شود (۵۲و۵۱).

در دهه اخیر محققان زیادی ارتباط مکانیک ران و زانو را در طی فعالیت‌های فرود و حرکات برشی با استفاده از سیستم - های آنالیز حرکتی سه‌بعدی و دوبعدی مورد ارزیابی قرار داده‌اند (۵۵-۵۳). یکی از محدودیت‌های این روشهای مطالعاتی پیچیده، پرهزینه بودن آن می‌باشد. برای حل این محدودیت مطالعات اخیر بررسی صفحه فرونتال اندام تحتانی حین انجام این تکالیف را با استفاده از ضبط ویدیوئی معرفی نموده‌اند که میتوان به وسیله آن ولگوس زانو طی فرود یا حرکات برشی را بررسی نمود (۵۷و۵۶). آزمون اسکات تک پا ابزار غربالگری کلینیکی بسیار رایج، مفید و معتبر برای ارزیابی وضعیت تنه (ثبات مرکزی) و کل اندام تحتانی است (۲۲). در طی این آزمون زنان ورزشکار سالم دورسی‌فلکشن و پرونیشن مچ پا، چرخش داخلی و آداکشن ران، چرخش خارجی تیبیا، کاهش خم شدن جانبی تنه (۵۸) چرخش قدامی لگن، فلکشن کمتر ران و همچنین ولگوس اندام تحتانی بزرگتری در مقایسه با مردان ورزشکار سالم از خود نشان می دهند (۱۹). بعلاوه ارتباط قابل توجهی بین عملکرد افراد در این آزمون و کنترل حرکت زانو در صفحه فرونتال و قدرت عضلات ران وجود دارد (۲۲). همچنین نشان داده شده است که ارزیابی زاویه و گشتاور والگوس زانو آسیب غیر برخوردی ACL را با حساسیت ۷۸ درصد و دقت ۷۳ درصد پیش بینی می نماید (۳۶). علیرغم اینکه زنان تعادل بهتری نسبت به مردان دارند اما میزان آسیب ACL در زنان نسبت به مردان بیشتر است و یکی از علت های اصلی آن الگوی فرود زنان به عنوان مثال فرود با والگوس زانوی بزرگتر نسبت به مردان می باشد

2. Intraclass Correlation Coefficient

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/20.2.85]

(۵۹). ارزیابی سه بعدی والگوس زانو یک روش استاندار طلایی برای اندازه گیری آن محسوب می‌شود. با این وجود روش ارزیابی دو بعدی رایج‌تر است. زیرا کارکردن با آن آسانتر بوده و هزینه کمتری را می‌طلبد و توانایی غربالگری تعداد زیادی از ورزشکاران با آن آسانتر می باشد (۶۰و۲۴). در پیشنیه تحقیقات روش های متنوعی برای ارزیابی والگوس زانوی دوبعدی گزارش شده است و به اصطلاحاتی از قبیل (فاصله دو زانو[1]، زاویه پیشروی صفحه فرونتال[2] و جابجایی داخلی زانو[3]) استفاده شده است (۶۲و۶۱و۲۴و۱۹). همه این اندازه گیری ها از ارزیابی حرکت زانو در صفحه فرونتال با استفاده از دوربین های ویدیوئی استاندارد، نرم افزارهای استاندارد جهت تجزیه و تحلیل آنالیز حرکتی استفاده می نمایند. یکی از آزمونهای غربالگری فعالیت های عملکردی شایع آزمون اسکات جفت پا می باشد (۶۳). از LESS جهت شناسایی الگوهای حرکتی خاص اندام تحتانی که ممکن است خطر بروز آسیب غیربرخوردی ACL را افزایش دهند، استفاده می‌شود (۶۴). این آزمون یک ابزار ارزیابی بالینی قابل اعتماد و معتبر است که برای شناسایی افراد در معرض خطر آسیب های اندام تحتانی طراحی شده است (۶۴). با شناسایی الگوهای حرکتی ناقص با استفاده از LESS، می توان با موفقیت مشخص نمود که آیا یک فرد در معرض خطر آسیب و متعاقبا نیازمند طراحی راهبرد تمرینات اصلاحی می باشد به علاوه می توان تغییرات و بهبود تکنیک فرود ناشی از یک برنامه اصلاحی را به وسیله آن ارزیابی نمود (۲۸) با این حال، سیستم نمره دهی آن پیچیده (۱۷ ویژگی فرود پرش) بوده و نیازمند استفاده از دوربین های ویدئویی می باشد و در نتیجه شرایط بسیار دشواری را برای متخصصان در فرآیند ارزیابی کلی ایجاد می نماید. این امر باعث شد، نسخه اصلاح شده LESS توسط پادوا و همکاران (۶۴) طراحی شده که می توان با موفقیت و در هر زمان در سالن ورزشی و یا یک محیط ورزشی ظرف دو تا پنج دقیقه انجام داد. اگرچه آزمون غربالگری ویدیوئی فرودپرش با یک دوربین انجام می شود اما راستای کلی اندام تحتانی طی فرود را ترسیم می کند و جهت ارزیابی کلی راستای اندام تحتانی در صفحه کرونال مورد استفاده قرار می گیرد (۳۱).

نقص‌های عصبی‌عضلانی به عنوان اختلال در قدرت عضلانی، توان یا الگوهای فعال‌سازی که منجر به افزایش بار وارده بر مفصل زانو و ACL می‌گردند، تعریف می‌شوند (۶۵). در نقص غلبه لیگامان، عضلات بطور کامل نیروی عکس‌العمل زمین را جذب نمی‌کنند و مفاصل و لیگامان‌ها باید میزان بالایی از نیرو را در دوره زمانی کوتاهی جذب نمایند. جذب نیروی زیاد در یک دوره زمانی کوتاه مدت می‌تواند باعث پارگی ACL گردد.

در غلبه لیگامان: نیروی عکس‌العمل زمین حرکات اندام تحتانی را کنترل نموده و باعث قرارگیری زانو در وضعیت والگوس می‌شود (۶۷و۶۶) و فرد بجای بکارگیری حرکت دهنده‌های اصلی اندام تحتانی از ساختارهای آناتومیک (تطابق استخوانی و غضروف‌های مفصلی) و تثبیت کننده - های استاتیک برای جذب نیروی عکس‌العمل زمین استفاده می‌کند (۳۴). حرکت بیش از حد تنه به جانب یا فقدان کنترل عصبی‌عضلانی کافی حرکات تنه در صفحه فرونتال حین فعالیت‌های ورزشی باعث حرکت نیروی عکس‌العمل زمین به سمت مرکز جرم، جانب مفصل زانو و آبداکت شدن تیبیا می‌گردد. افزایش والگوس زانو باعث افزایش فشار وارده بر ACL می‌گردد. پنج درجه افزایش والگوس زانو نسبت به راستای طبیعی در صفحه فرونتال می‌تواند شش برابر بار بیشتری را بر مفصل زانو وارد نماید (۶۸). همچنین محققان دریافتند ورزشکاران مبتلا به آسیب ACL در مقایسه با ورزشکاران سالم در حین فرود، زاویه والگوس و گشتاور ابداکشن بیشتری دارند (۶۷). تجزیه و تحلیل رگرسیونی نیز نشان داد که زاویه والگوس و گشتاور

1 Knee-Separation Distance
2 Frontal-Plane Projection Angle
3 Medial Knee Displacement

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/20.2.85]

آبداکتوری مهم‌ترین پیش‌بینی کننده‌های آسیب ACL می‌باشند (۳۶).

در **غلبه عضلات چهارسر:** با فعال شدن عضلات چهارسر زانو در وضعیت اکستنشن قرار می‌گیرد که این وضعیت یکی از مکانیسم‌های رایج آسیب ACL است. به علاوه انقباض عضلات چهار سر باعث سفت‌شدن یا فشرده شدن مفصل درشت‌نئی‌رانی و نیز به جلو کشیده شدن استخوان درشت‌نی نسبت به ران می‌شود. در این وضعیت ACL تلاش می‌کند درشت نی را به عقب بکشد. در چنین وضعیتی انقباض عضلات چهار سر باعث اعمال نیروی برشی به درشت نی و ACL می‌گردد (۳۴). فعال‌سازی همسترینگ می‌تواند میزان بار وارده بر ساختارهای غیرفعال زانو را کاهش و نیروی فشاری وارده بر مفصل زانو را افزایش دهد و زانو را نسبت به بارهای خارجی واروس/والگوس پایدار نماید. در واقع ترکیب افزایش فعالیت عضلات چهارسر و کاهش فعال‌سازی همسترینگ خطر آسیب ACL را افزایش می‌دهد (۷۰و۶۹). قدرت کم همسترینگ نسبت به چهارسر می‌تواند یکی از دلایل آسیب ACL باشد (۷۱). کشش ناکافی درشت نی به عقب توسط همسترینگ به دلیل ضعف در قدرت، فعال شدن محدود یا تأخیر در زمان رسیدن به اوج گشتاور نمی‌تواند ثبات کافی را برای متعادل کردن نیروهای تولید شده توسط عضلات چهارسر و نیروی خارجی اعمال شده بر ساق پا فراهم نماید (۷۱).

اختلاف بیش از ۱۵ درصد در قدرت یا توان اندام‌های دو طرف یک عامل خطرساز مهم در آسیب‌های اندام تحتانی است (۷۲). گزارش شده است افراد مبتلا به آسیب ACL نسبت به افراد سالم ۶/۴ برابر گشتاور آبداکشن بزرگتری دارند. بنابراین تعادل موجود بین اندام‌های چپ و راست می‌تواند خطر آسیب ACL را افزایش دهد (۳۷). بطور معمول پای برتر قدرت و هماهنگی بالاتری دارد و از طرفی نشان داده شده است که عدم تعادل بین ویژگی‌های عصبی-عضلانی، انعطاف پذیری و هماهنگی، پیش بینی کننده‌های مهمی از افزایش خطر آسیب ACL در ورزشکاران می‌باشند (۳۷). تکیه بیش از حد به پای برتر باعث اعمال نیروها و گشتاورهای بزرگتری به زانو می‌شود، در جاجهش که به دلیل انعطاف‌پذیری کمتر ساختاری‌های دینامیک، پای غیربرتر بیشتر در معرض آسیب ACL قرار می‌گیرد. فعالیت پیش‌بین تثبیت کننده‌های تنه و لگن برای متعادل نمودن حرکات تنه و تنظیم پاسچر اندام تحتانی لازم است.

در غلبه تنه کاهش فعالیت تثبیت کننده‌های مذکور می‌تواند باعث حرکت تنه به جانب و افزایش بارهای آبداکشن زانو گردد (۷۴و۷۳). ارتباط ثبات مرکزی با آسیب ACL به فلکشن جانبی تنه نسبت داده شده است (۷۴). اگر تنه به سمت جانب، حرکت کند، بردار نیروی عکس العمل زمین نیز دارای بازوی اهرم بزرگتری خواهد بود که بطور مستقیم بار ابداکشن را افزایش خواهد داد (۷۵). زنان ورزشکار در لحظه آسیب فلکشن جانبی تنه و والگوس زانوی بیشتری نسبت به مردان در حین فرود دارند (۷۵). همچنین ممکن است جابجایی زاویه تنه به سمت جانب بهترین پیش‌بینی-کننده آسیب ACL باشد، چرا که افراد دارای آسیب ACL نسبت به افراد سالم جابجایی جانبی تنه بیشتری دارند و کاهش قدرت چرخش‌دهنده‌های خارجی ران تنها عامل پیش‌بین مشترک بین آسیب‌های اندام تحتانی و کمر می‌باشد (۷۴). به علاوه ضعف یا عدم استقامت عضلانی عضلات مرکزی به عنوان یک عامل در والگوس زانو در پرش و فرودهای مکرر معرفی شده است (۷۶). اختلال در حس عمقی تنه نیز می‌تواند ثبات دینامیک زانو را تغییر داده و خطر آسیب را پیش‌بینی نماید (۷۷). در کل بنظر می‌رسد تمرینات ثبات مرکزی بطور بالقوه باعث کاهش آسیب‌های غیربرخوردی ACL در ورزشکاران می‌شوند.

نتیجه گیری

یکی از راه های بررسی تاثیر برنامه پیشگیری از آسیب ACL بررسی تغییرات کینماتیک حرکتی در طی فعالیت های ورزشی از جمله پرش، فرود است (۷۸). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تمامی آزمونهای جهش تک پا جهت

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/20.2.85]

تعیین ناهنجاری عدم تقارن اندام تحتانی و ارزیابی توانایی ورزشکار برای جهش و حفظ فرود تک پا استفاده می شوند و آزمون‌های مفید و معتبر و در عین حال ساده و کم هزینه در بررسی عوامل عصبی‌عضلانی آسیب ACL می‌باشند. مسافت دست‌یابی در آزمون تعادلی ستاره در افراد دارای نقص ACL در مقایسه با گروه سالم کمتر است. امتیاز آزمون BESS در افراد دارای ACL بازسازی شده در مقایسه با افراد سالم در همه موارد بیشتر است. یک آزمون ایده‌آل، دارای روایی، پایایی و سهولت اجرا جهت ارزیابی کنترل تنه و وضعیت اندام تحتانی (ثبات مرکزی) آزمون اسکات تک پا می باشد. از بالا آوردن پاشنه جهت متمایز نمودن عدم تعادل عضلانی نواحی هیپ و مچ پا در آزمون اسکات جفت پا استفاده می شود. آزمون تعدیل شده سیستم امتیازدهی خطای فرود همه فاکتورهای نقص های حرکتی موثر در آسیب غیر برخوردی ACL را در یک قالب نظام‌مند و آسان برای استفاده مورد بررسی قرار می-دهد. آزمون غربالگری ویدیوئی فرود پرش فقط شاخص های کلی و راستای محوری اندام تحتانی ورزشکاران در صفحه کرونال حین تکلیف فرود پرش مستقیم رو به جلو و جدا شدن عمودی حین پرش را ارائه می‌کند. آزمون پرش تاک با مطالعه ویدئویی چهار نقص عصبی‌عضلانی شایع را توصیف می کند که این نقص‌ها با مکانیسم زیربنایی آسیب ACL ارتباط دارند. در مجموع آزمون غربالگری ویدیوئی فرود پرش و آزمون پرش تاک دو روش معتبر، علمی و بسیار مفید برای محققانی خواهد بود که به سیستم‌های چند دوربینی، صفحه نیرو و پرسنل تحقیقی کافی برای جمع-آوری داده‌های وسیع و کاهش داده‌ها با استفاده از سیستم-های پیچیده‌تر دسترسی ندارند.

تشکر و قدر دانی

نویسندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از کلیه محققانی که از مقالات آنها در نگارش این مقاله استفاده شده است اعلام می‌دارند.

Reference

1. Silvers HJ, Mandelbaum BR . Prevention of anterior cruciate ligament injury in the female athlete. Br J Sports Med 2007;41:i52–i59.
2. Lubowitz JH, Appleby D. Cost-effectiveness analysis of the most common orthopaedic surgery procedures: knee arthroscopy and knee anterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy 2011; 27: 1317–1322.
3. Li RT, Lorenz S, Xu Y, Harner CD, Fu FH, Irrgang JJ . Predictors of radiographic knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med , 2011; 39:2595–2603.
4. Myer GD, Chu DA, Brent JL, Hewett TE . Trunk and hip control neuromuscular training for the prevention of knee joint injury. Clin Sports Med 2008; 27:425–448.
5. Gilchrist J, Mandelbaum BR, Melancon H, Ryan GW, Silvers HJ, Griffin LY, Watanabe DS, Dick RW, Dvorak J .A randomized controlled trial to prevent noncontact anterior cruciate ligament injury in female collegiate soccer players. Am J Sports Med 2008; 36:1476–1483.
6. Smith HC, Johnson RJ, Shultz SJ, Tourville T, Holterman LA, Slauterbeck J, Vacek PM, Beynnon BD. A prospective evaluation of the landing error scoring system (LESS) as a screening tool for anterior cruciate ligament injury risk. Am J Sports Med 2012; 40:521–526.
7. Boden BP, Torg JS, Knowles SB, Hewett TE. Video analysis of anterior cruciate ligament injury: abnormalities in hip and ankle kinematics. Am J Sports Med 2009; 37:252–259.
8. Sheehan FT, Sipprell WH , Boden BP. Dynamic sagittal plane trunk control during anterior cruciate ligament injury. Am J Sports Med 2012; 40:1068–1074.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/20.2.85]

9. Noyes FR, Barber SD, Mangine RE. Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture. Am J Sports Med 1991;19:513–518.
10. Barber SD, Noyes FR, Smith ST, Campbell TM.Decreasing the risk of anterior cruciate ligament injuries in female athletes. Phys Sportsmed 2009 ;37:49-61.
11. Barber SD, Noyes FR, Mangine RE, McCloskey JW, Hartman W.Quantitative assessment of functional limitations in normal and anterior cruciate ligament-deficient knees. Clin Orthop 1990 ; 255:204–214.
12. Reid A, Birmingham TB, Stratford PW, Alcock GK, Giffin JR. Hop testing provides a reliable and valid outcome measure during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. Phys Ther 2007;87: 337–349.
13. Ross MD, Langford B, Whelan PJ. Test-retest reliability of 4 single-leg horizontal hop tests.J Strength Cond Res 2002; 16:617–622.
14. Mansour JM, Pereira JM. Quantitative functional anatomy of the lower limb with application to human gait. J Biomech 1987; 20:51–58.
15. Olmsted LC, Carcia CR, Hertel J ,Shultz SJ. Efficacy of the star excursion balance tests in detecting reach deficits in subjects with chronic ankle instability. J Athl Train 2002; 37:501–506.
16. Gribble PA, Hertel J. Considerations for normalizing measures of the star excursion balance test. Meas Phys Educ Exer Sci 2003; 7:89–100.
17. Todd Miller. NSCA's Guide to Tests and Assessments. National Strength and Conditioning Association. Human Kinetics 2012 :308-315.
18. King LA, Horak FB, Mancini M, Pierce D, Priest KC, Chesnutt J, Sullivan P, Chapman JC. Instrumenting the Balance Error Scoring System for Use with Patients Reporting Persistent Balance Problems after Mild Traumatic Brain Injury. Phys Med Rehabil 2014: 95; 353–359.
19. Willson JD, Ireland ML, Davis I. Core strength and lower extremity alignment during single leg squats. Med Sci Sports Exerc 2006; 38:945–952.
20. Ageberg E, Bennell KL, Hunt MA, Simic M, Roos EM, Creaby MW. Validity and inter-rater reliability of medio-lateral knee motion observed during a single-limb mini squat. B M C Musculoskelet Disords 2010; 11:265.
21. Shirey M, Hurlbutt M, Johansen N, King GW, Wilkinson SG, Hoover DL. The influence of core musculature engagement on hip and knee kinematics in women during a single leg squat. Int J Sports Phys Ther 2012; 7:1–12.
22. Crossley KM, Zhang WJ, Schache AG, Bryant A, Cowan SM.Performance on the single-Leg squat task indicates hip abductor muscle function. Am J Sports Med 2011;39:866–873.
23. Stensrud S, Myklebust G, Kristianslund E, Bahr R, Krosshaug T. Correlation between two-dimensional video analysis and subjective assessment in evaluating knee control among elite female team handball players. Br J Sports Med 2011; 45:589–595.
24. Munro A, Herrington L, Carolan M . Reliability of 2-dimensional video assessment of frontal-plane dynamic knee valgus during common athletic screening tasks. J Sport Rehabil 2012; 21:7–11.
25. Sahebozamani M, Rahnma N ,Mohammadi H. Translated Handbook of Sports Medicine and Science ,Sports Injury Prevention. Edited by Roald Bahr and Lars Engebretsen, International Olympic Committee 2009.
26. Bell DR, Padua DA, Clark MA. Muscle strength and flexibility characteristics of people displaying excessive medial knee displacement. Arch Phys Med Rehabil 2008;89:1323–1328.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/20.2.85]

27. Hirth CJ, Padua DA. Clinical movement analysis to identify muscle imbalances and guide exercise. Athl Ther Today 2007;12:10–14.
28. DiStefano LJ, Padua DA, DiStefano MJ, Marshall SW. 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 2009;37:495–505.
29. Shultz SJ, Schmitz RJ, Benjaminse A, Chaudhari AM, Collins M, Padua DA. ACL Research Retreat VI: an update on ACL injury risk and prevention. J Athl Train 2012;47:591-603.
30. Shultz SJ, Schmitz RJ, Nguyen AD, Chaudhari AM, Padua DA, McLean SG, Sigward SM. ACL Research Retreat V: an update on ACL injury risk and prevention, J Athl Train 2010;45:499-508.
31. Noyes FR, Barber-Westin SD, Fleckenstein C, Walsh C, West J. The drop-jump screening test: difference in lower limb control by gender and effect of neuromuscular training in female athletes. Am J Sports Med 2005; 33:197–207.
32. Huston LJ, Vibert B, Ashton-Miller JA, Wojtys EM . Gender differences in knee angle when landing from a drop-jump. Am J Knee Surg 2001; 14:215–219.
33. Chaudhari AM, Hearn BK, Leveille LA, Johnson ER ,Andriacchi TH. The effects of dynamic limb alignment on knee moments during single limb landing: implications for the analysis of the non-contact injury to the anterior cruciate ligament. In: 2003summer bioengineering conference, Key Biscayne 2003; 25–29.
34. Hewett TE, Ford KR, Hoogenboom BJ, Myer GD.Understandin and prevention ACL injuries: current biomechanical and epidemiological consideration. North American journal of sports physical therapy 2010; 5: p. 234-251.
35. Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Real-Time Assessment and Neuromuscular Training Feedback Techniques to Prevent Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Athletes. Strength and Conditioning Journal 2011;33:21-35.
36. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS , Colosimo AJ, McLean SG, Bogert AJ, Paterno MV, Succop P. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes. The American journal of sports medicine 2005;33: p. 492-501.
37. Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Prevention of anterior cruciate ligament injuries. Current Women's Health Reports 2001;1: p. 218-224.
38. Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. Medicine & Science in Sports & Exercise 2003;35: 1745-1750.
39. Gustavsson A, Neeter C, Thomeé P, Silbernagel KG, Augustsson J, Thomeé R, Karlsson J. A test battery for evaluating hop performance in patients with an ACL injury and patients who have undergone ACL reconstruction. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2006; 14:778–788.
40. Wilk KE, Romaniello WT, Soscia SM, Arrigo CA, Andrews JR. The relationship between subjective knee scores, isokinetic testing, and functional testing in the ACL reconstructed knee. J Orthop Sports Phys Ther 1994; 20:60–73.
41. McLeod TC, Armstrong T, Miller M, Sauers JL. Balance improvements in female high school basketball players after a 6-week neuromuscular-training program. J Sport Rehabil 2009; 18:465–481.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/20.2.85]

42. Filipa A, Byrnes R, Paterno MV, Myer GD, Hewett TE. Neuromuscular training improves performance on the star excursion balance test in young female athletes. J Orthop Sports Phys Ther 2010; 40:551–558.
43. Munro AG, Herrington LC . Between-session reliability of the star excursion balance test. Phys Ther Sport 2010; 11:128–132.
44. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. J Orthop Sports Phys Ther 2006;36:911–919.
45. Hertel J, Braham RA, Hale SA, Olmsted-Kramer LC. Simplifying the star excursion balance test: analyses of subjects with and without chronic ankle instability. J Orthop Sports Phys Ther 2006; 36:131–137.
46. Herrington L, Hatcher J, Hatcher A, McNicholas M.A comparison of Star Excursion Balance Test reach distances between ACL de ficient patients and asymptomatic controls. Knee 2009;16:149–152.
47. Hertel J, Miller SJ, Denegar CR .Intratester and intertester reliability during the Star Excurision Balance Tests. J Sport Rehabil 2000; 9:104–116.
48. Bell DR, Guskiewicz KM, Clark MA, Padua DA . Systematic Review of the Balance Error Scoring System .Sports Health 2011 ;3: 287-295.
49. Portney LG, Watkins MP. Foundations of Clinical Research: Applications to Practice, 3rd ed. Prentice Hall; 2009; 214-243.
50. Smith MD, Bell DR. Negative effects on postural control after anterior cruciate ligament reconstruction as measured by the balance error scoring system. J Sport Rehabil 2013;22:224-8.
51. Hunt TN, Ferrara MS, Bornstein RA, Baumgartner TA. The Reliability of the Modified Balance Error Scoring System. Clin J Sport Med 2009;19:471–475.
52. Brown HJ, Siegmund GP, Guskiewicz KM, Van Den Doel K, Cretu E, Blouin JS. Development and validation of an objective balance error scoring system.Med Sci Sports Exerc 2014 ;46:1610-6.
53. Earl JE, Monteiro SK, Snyder KR .Differences in lower extremity kinematics between a bilateral drop-vertical jump and a single-leg step-down. J Orthop Sports Phys Ther ,2007; 37:245–252.
54. Kernozek TW, Torry MR, Iwasaki M. Gender differences in lower extremity landing mechanics caused by neuromuscular fatigue. Am J Sports Med 2008; 36:554–565.
55. Krosshaug T, Nakamae A, Boden BP, Engebretsen L, Smith G, Slauterbeck JR, Hewett TE, Bahr R. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. Am J Sports Med 2007;35:359–367.
56. McLean SG, Walker K., Ford, KR, Myer GD, Hewett TE.van den Bogert AJ. Evaluation of a two dimensional analysis method as a screening and evaluation tool for anterior cruciate ligament injury. Br J Sports Med 2005; 39:355–362.
57. Willson JD, Davis IS. Utility of the frontal plane projection angle in females with patellofemoral pain. J Orthop Sports Phys Ther 2008; 38:606–615.
58. Zeller BL, McCrory JL, Kibler WB, Uhl TL. Differences in kinematics and electromyographic activity between men and women during the singlelegged squat. Am J Sports Med 2003; 31:449–456.
59. Mohammadi H, AhmadAlidokht F , Mahmoudi H. The Review of Neuromuscular Differences Between Male and Female Athletes : Non-Contact ACL Injury. 18th Annual

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/20.2.85]

Congress of Iranian Society of Physical Medicine, Rehabilitation & Electrodianosis.1393, pp: 325-26.
60. Myer GD, Ford KR, Hewett TE. New method to identify athletes at high risk of ACL injury using clinic based measurements and freeware computer analysis. Br J Sports Med 2011;45:238–244.
61. National Coalition for Women and Girls in Education (NCWGE). Title IX at 35: Beyond the Headlines. A Report of the National Coalition for Women and Girls in Education. American Association of University Women Washington, DC Author 2008.
62. Sigward SM, Ota S, Powers CM. Predictors of frontal plane knee excursion during a drop land in young female soccer players. J Orthop Sports Phys Ther 2008;38:661–667.
63. Cook G, Burton L, Hoogenboom B. Pre-participation screening: the use of fundamental movements as an assessment of function, part 1. N Am J Sports Phys Ther 2006;1:62–72.
64. Padua DA, Boling MC, DiStefano LJ, Onate JA, Beutler AI, Marshall SW. Reliability of the landing error scoring system-real time, a clinical assessment tool of jump-landing biomechanics. J Sport Rehabil 2011;20:145-156.
65. Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Rationale and clinical techniques for anterior cruciate ligament injury prevention among female athletes. Journal of Athletic Training 2004;39: 352-364.
66. McLean SG, Lipfert SW, van den Bogert AJ. Effect of gender and defensive opponent on the biomechanics of sidestep cutting. Medicine & Science in Sports & Exercise 2004;36: 1008-1016.
67. Malinzak RA, Colby SM, Kirkendall DT, Yu B, Garrett WE. A comparison of knee joint motion patterns between men and women in selected athletic tasks. Clinical Biomechanics 2001;16:438-445.
68. Bendjaballah MZ, Shirazi-Adl A, Zukor DJ. Finite element analysis of human knee joint in varus-valgus. Clinical Biomechanics 1997;12:139-148.
69. Huston LJ, Wojtys EM. Neuromuscular performance characteristics in elite female athletes. The American journal of sports medicine 1996;24:427-436.
70. Chappell JD, Yu B, Kirkendall DT, Garrett WE. A comparison of knee kinetics between male and female recreational athletes in stop-jump tasks. The American Journal of Sports Medicine 2002;30:261-267.
71. Baratta R, Solomonow M, Zhou BH, Letson D, Chuinard R, D'Ambrosia R. Muscular coactivation. The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. The American Journal of Sports Medicine 1988;16:113-122.
72. Fischer DV. Neuromuscular training to prevent anterior cruciate ligament injury in the female athlete. Strength & Conditioning Journal 2006;28: 44-54.
73. Huegel M, Meister K. The influence of lower extremity alignment in the female population on the incidence of noncontact ACL injuries. AOSSM Proc Manual 1997;23:790.
74. Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki J. Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk. The American journal of sports medicine 2007;35: 1123-1130.
75. Hewett TE, Torg JS, Boden BP. Video analysis of trunk and knee motion during non-contact anterior cruciate ligament injury in female athletes: lateral trunk and knee abduction motion are combined components of the injury mechanism. British Journal of Sports Medicine 2009;43:417-422.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/20.2.85]

76. Leetun DT, Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM. Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. Medicine & Science in Sports & Exercise 2004;36:926-934.
77. Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki J. The effects of core proprioception on knee injury. The American Journal of Sports Medicine 2007;35:368-373.
78. Mohammadi H, Ebrahimi B, Ahmadalidokht F. The Impact of warm-up programs on ACL injury prevention, athletic performance and neuromuscular factors. 18th Annual Congress of Iranian Society of Physical Medicine, Rehabilitation & Electrodianosis. 2014 pp: 316-17.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22102/20.2.85]