ACL injury prevention programs due to intrinsic and modifiable risk factors in female Athletes

Naghmeh Gheidi[1*], Heidar Sadeghi[2]

1- PhD Candidate in sport biomechanics, Department of Sport Biomechanics, Faculty of physical education and Sport science, Kharazmi University, Tehran, Iran. (Corresponding author) Gheidi.n1981@gmail.com

2- PhD in Sport Biomechanics, Full Professor of Faculity of physical education and Sport science, Department of Sport Biomechanics, Kharazmi University, Tehran, Iran

Article received on: 2014. 3.8 Article accepted on: 2014.8.12

ABSTRACT

Background and Aim: Epidemiological studies have shown that female athletes are vulnerable to ACL injuries 2 to 10 times more than male athletes. Neuromuscular and biomechanical factors in anterior cruciate ligament injuries are among modifiable risk factors. The high cost of treatment, increasing the potential loss of the competitive season and long-term disability and secondary damage have made the application of injury prevention programs more prominent. In this literature review, related research regarding modifiable risk factors and ACL injury prevention training was studied.

Materials and Methods: To identify the research, databases such as Medline Pubmed, Science Direct, SPORTDiscuss and SCOPUS using the keywords "ACL", "Knee injuries", "modifiable risk factors", "neuromuscular risk factor", "biomechanical risk factor", "training prevention program " were used. Finally, 8500 studies were identified. After exclusion of non-English, duplicated, similar indexed studies, animal studies, studies with injured subjects, studies focused on clinical treatment, and studies without any intervention, 60 articles remained eligible for studying.

Results: Weakness and imbalance of the trunk and lower limb neuromuscular control increase prevalence of ACL injuries in female. Prevention training was categorized in two levels with the aim to modify the risk factors and reduce the rate of ACL injury. Majority of the effective intervention training exercises are multilateral program for at least 6 weeks in advance of the season and continued throughout the season with a repetition of at least once or twice a week with a trainer in the practice.

Conclusion: Identifying neuromuscular imbalance can be used for screening the athletes at risk and designing the intervention training. However, a standard program aimed at preventing for a specific sport has not been introduced, yet.

Key Words: Anterior cruciate ligament, injury risk factors and internal modifiable risk factor, prevention training, female athletes

Cite this article as: Naghmeh Gheidi, Heidar Sadeghi. ACL injury prevention programs due to intrinsic and modifiable risk factors in female Athletes. J Rehab Med. 2014; 3(3): 89-108

تمرینات پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی ناشی از ریسک فاکتورهای درونی و قابل تعدیل در زنان ورزشکار (مقاله مروری)

نغمه قیدی [*1]، دکتر حیدر صادقی [2]

۱. دانشجوی دکتری دانشکده تربیت بدنی وعلوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی
۲. دکترای بیومکانیک ورزشی، استاد تمام دانشکده تربیت بدنی وعلوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی

چکیده

مقدمه و اهداف

مطالعات اپیدمیولوژیکی نشان داده‌اند که زنان ورزشکار ۲ تا ۱۰ برابر بیشتر از مردان ورزشکار در معرض آسیب ACL قرار دارند. عوامل عصبی عضلانی و بیومکانیکی در آسیب لیگامان صلیبی قدامی جزء ریسک فاکتورهای قابل تعدیل هستند. هزینه های بالای درمان ، افزایش پتانسیل از دست دادن فصل مسابقه و ناتوانی‌های طولانی‌مدت و همچنین ایجاد آسیب‌های ثانویه‌ای لزوم بکارگیری برنامه‌های پیشگیری از آسیب را پررنگ‌تر کرده‌است. در این مطالعه مروری، پیشینه تحقیقات مرتبط با ریسک فاکتورهای قابل تعدیل و تمرینات پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی بررسی شده است.

مواد و روش ها

برای شناسایی تحقیقات از بانک های اطلاعاتیPubmed Medline، Science Direct، SPORTDiscuss و SCOPUS با کلید واژه های "ACL"، "Knee injuries"، "modifiable risk factor "، "neuromuscular risk factor"، "biomechanical risk factor"، " training prevention program"استفاده شد. در مجموع ۸۵۰۰ مقاله یافته شد. بعد از خروج مقالات غیر انگلیسی، با نتایج کاملا مشابه، مقالات مشابه ایندکس شده، تحقیقات غیر انسانی، با نمونه های آسیب دیده، با اهداف درمانی، بدون مداخلات تمرینی، ۶۰ مقاله در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت.

یافته ها

ضعف در کنترل و ایمبالانس عصبی عضلانی تنه و اندام تحتانی در زنان موجب افزایش بروز آسیب لیگامان صلیبی قدامی می شود. تمرینات پیشگیری از آسیب نیز در دو سطح با هدف اصلاح ریسک فاکتورها و کاهش نرخ آسیب لیگامان صلیبی قدامی قرار دارند. بیشتر تمرینات مداخله ای تاثیر گذار، تمرینات چند جانبه، با شروع برنامه در پیش از فصل برای حداقل زمان شش هفته و به صورت مداوم در طول فصل با تعداد تکرار حداقل یک تا دو تکرار در هفته و با مربیان ناظر بر تمرین هستند.

نتیجه گیری

شناسایی ایمبالانسهای عصبی عضلانی می تواند در غربالگری ورزشکاران در خطر و طراحی تمرینات مداخله ای مورد استفاده قرار بگیرد. اگرچه، هنوز برنامه استانداردی با هدف پیشگیری برای هر یک از رشته های ورزشی خاص معرفی نشده است.

واژگان کلیدی

آسیب لیگامان صلیبی قدامی، ریسک فاکتورهای درونی و قابل تعدیل، تمرینات پیشگیری، ورزشکاران زن

*** دریافت مقاله ۱۳۹۲/۱۲/۱۷ پذیرش مقاله ۱۳۹۳/۵/۲۱ ***

نویسنده مسئول: نغمه قیدی بزرگراه شهید حقانی، رازان جنوبی، مجموعه ورزشی شهید کشوری، دانشکده تربیت بدنی دانشگاه خوارزمی
شماره تماس: ۰۹۱۲۲۰۴۰۹۴۲
آدرس الکترونیکی: Gheidi.n1981@gmail.com

مقدمه و اهداف

در بین آسیبهای مفصلی مرتبط با حرکات ورزشی، زانو حدود ۱۰-۲۵٪ از کل آسیبها را به خود اختصاص داده که در بین آسیبهای وررزشی زانو، حدود ۴۵ ٪ مربوط به آسیب لیگامان است [۱]. آسیب لیگامان صلیبی قدامی در بین ورزشکاران و حتی افراد غیر ورزشی شایع است، تا جاییکه از هر ۳۰۰۰ نفر در امریکا یک نفر در هر سال دچار آسیب ACL می شود [۲]. دوره بازتوانی این آسیب درحدود ۶ تا ۹ ماه به طول می انجامد و به ازای هر آسیب در حدود ۱۷۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰ دلار هزینه جراحی و بازتوانی را به همراه دارد [۲]. بعلاوه احتمال از دست دادن حضور در کل فصل مسابقه، دوره های ناتوانی بلندمدت و احتمال آسیبهای دیگر مثل استئوآرتریت، پارگی مینیسک و تغییرات دژنراتیو مفصلی این آسیب را پر هزینه تر می سازد [۲]. این آسیب در حین ورزش یا در اوقات فراغت[۳] و غالبا در نتیجه مکانیسم غیربرخوردی رخ می دهد[۴-۶]. مطالعات اپیدمیولوژیک، بیانگر شیوع بالاتر این آسیب در زنان است [۷-۱۰]، لذا پیشگیری آسیب ACL غیربرخوردی در زنان از اهمیت خاصی برخوردار است[۱].

عوامل خطرزا در این آسیب به دو گروه عوامل درونی و بیرونی تقسیم می شود، در بررسی عوامل بیرونی به عوامل انسانی (مانند: حرکات ورزشی خطرناک بازیکنان)، شرایط محیطی (مانند: سطح زمین)، تجهیزات ورزشی (مانند: کفش)، تجهیزات حفاظتی (مانند: ساق بند) بستگی دارد و در مورد عوامل درونی به تفاوتهای آناتومیکی، هورمونی، عصبی عضلانی و بیومکانیکی اشاره شده است [۱۱]. عوامل عصبی-عضلانی و بیومکانیکی از متغیرهای درونی قابل تعدیل هستند و مطالعه این عوامل بر این فرضیه تمرکز دارد که عوامل خطرزای آسیب ACL در زنان ورزشکار با مقادیر نقص عصبی-عضلانی مرتبط هستند[۱۱،۱۲]. نقص های عصبی-عضلانی به عنوان اختلال در قدرت عضلانی، توان یا الگوهای فعالسازی که منجر به افزایش بارهای مفصل زانو و ACL می شوند؛ تعریف شده اند [۱۳].

با توجه به آنچه مطرح شد پیشگیری از این آسیب از اهمیت خاصی برخوردار است بعلاوه توجه به ریسک فاکتورهای قابل تعدیل احتمال اثرگذاری تمرینات ویژه بر کنترل این آسیب را پررنگ تر می سازد. برنامه های پیشگیری از آسیب غیربرخوردی ACL با هدف اصلاح و یا حذف ریسک فاکتورها و در نهایت کاهش آسیب است. ریسک فاکتورهای قابل تعدیل، همان ریسک فاکتورهای عصبی عضلانی و بیومکانیکی هستند که با تمرینات ویژه ورزشی همچون تمرینات گیرنده های عمقی، تمرینات عصبی عضلانی، کششی، پلایومتریکی و تمرینات کنترل تنه و عضلات مرکزی و نسبت قدرت همسترینگ به کوادریسپس قابل اصلاح هستند. در این مقاله مروری، هدف بررسی مقالات و تحقیقات موجود در زمینه مشخص کردن ریسک فاکتورهای قابل تعدیل آسیب ACL و بدنبال آن تحقیقات انجام شده در زمینه تمرینات پیشگیری از آسیب ACL با دو هدف" اصلاح ریسک فاکتورها" و "کاهش نرخ آسیب ACL "در ورزشکاران بود.

مواد و روش ها

جستجوی جامع در آبان ماه سال ۱۳۹۲ با استفاده از بانک های اطلاعاتیPubmed Medline، Science Direct، SPORTDiscuss و SCOPUS شروع شد. جستجو تا بهمن سال جاری ادامه یافت. مقالات از سال ۱۹۹۶ میلادی تا سال ۲۰۱۴ مورد جستجو قرار گرفت. کلید واژه های مورد استفاده شامل "anterior cruciate ligament"، "Knee injuries"، " modifiable risk factors"، "neuromuscular risk factor"، "biomechanical risk factor"، " training prevention program" بود. جستجو به سال انتشار و یا زبان محدود نشد. در این مقاله مروری تنها مطالعاتی که مستقیما به ریسک فاکتورهای قابل تعدیل و برنامه های پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی در انسان بدون روند درمانی پرداخته بودند؛ در نظر گرفته شد. مقالات منتشر شده به زبانهای غیر انگلیسی، مقالات منتشر نشده، تحقیقات روی نمونه های غیر انسانی و افراد آسیب دیده و ترمیم شده و مطالعاتی با نتایج کاملا مشابه و مقالاتی که با هدف بازسازی و توانبخشی آسیب و مقالاتی که بدون مداخله یا بدون مداخله تمرینی بودند از روند مطالعه خارج شدند. معیارهای ورود عبارت بودند از مقالات معتبری که در بانک های اطلاعاتی مذکوراندکس شده بودندکه عوامل خطر آفرین آسیب ACL (آینده نگر و گذشته نگر)، بیومکانیک بارگذاری رایج زانو در ورزشکاران، برنامه های پیشگیری از آسیب ACL را مخاطب قرار داده بودند.

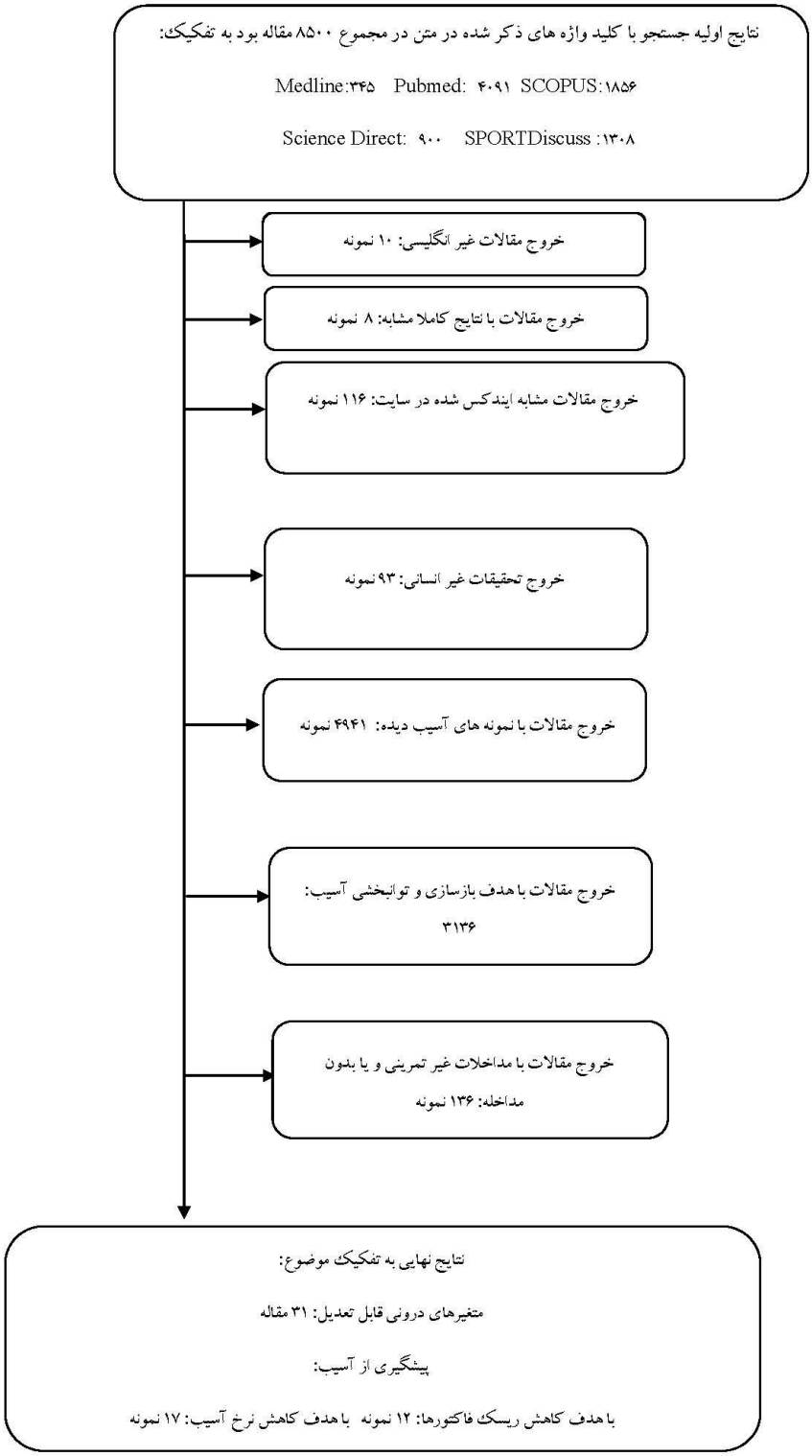
یافته ها

در نتیجه جستجو بر اساس استراتژی این تحقیق در مجموع ۸۵۰۰ مقاله یافته شد. بعد از خروج مقالات و با توجه به معیارهای ورود در نهایت ۶۰ مقاله (۳۰ مقاله در بحث متغیرهای قابل تعدیل و ۲۹ مقاله در بای تمرینات و برنامه های پیشگیری) در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفتند. این ۶۰ مقاله بین سالهای ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۴ بودند. شکل یک، الگوریتم روند خروج مقالات را نشان داده است.

۳۰ مقاله مورد بررسی ریسک فاکتورهای درونی قابل تعدیل در آسیب لیگامان قدامی را بیان کرده بودند. با توجه به نتایج مقالات، زنان ورزشکاری که در رشته های ورزشی از قبیل بسکتبال، والیبال و فوتبال شرکت می کنند ۲ تا ۸ برابر بیشتر از مردان در خطر آسیب ACL قرار دارند [۵]. این آسیب در زنان بیشتر در حین اجرای مانورهای ورزشی که با کاهش شتاب همراه است را اجرا می کنند بیشتر در معرض آسیب قرار دارند. هنگامی که ورزشکار این گونه مانورهای ورزشی مثل فرود از پرش، برش را اجرا می کند باید بین نیروهای استاتیک شامل نیروهای غیرانقباضی تولید شده توسط لیگامان‌ها، بافت‌های همبند و استخوان‌ها و نیروهای دینامیک عضلات انقباضی عمل کننده بر زانو برای حفظ ثبات عملکردی مفصل تعامل وجودداشته باشد [۱۲]. زمانی که نیروهای دینامیک محدودکننده حرکت مفصل برای تعدیل بارهای مفصلی کافی نباشند، نیروهای استاتیک در معرض بارهای بزرگتری قرارمی‌گیرند و بطور بالقوه منجر به آسیب ACL می‌شوند [۱۱]. نقص‌های عصبی‌عضلانی به عنوان اختلال در قدرت عضلانی، توان یا الگوهای فعالسازی که منجر به افزایش بارهای مفصل زانو و ACL می‌شوند؛ تعریف شده‌اند [۱۱،۱۲،۱۳]. زنان ورزشکار طی فعالیت‌های ورزشی، نقص‌های کنترل عصبی‌عضلانی را نشان می‌دهند که موجب افزایش بارهای مفاصل اندام تحتانی می‌شوند. هوت۵۱ و همکاران (۲۰۱۰) چهار نقص عصبی–عضلانی شامل تسلط لیگامان۵۲، تسلط چهارسر۵۳، تسلط پا۵۴ و تسلط تنه۵۵ که اعتقاد بر این است نقص‌های مذکور با مکانیسم‌های زیربنایی آسیب ACL ارتباط دارند را توصیف کردند [۱۵]. پیش بینی احتمال رخداد آسیب با در نظر گرفتن نقص های عصبی عضلانی و مشخص کردن بازیکنان در معرض آسیب و به دنبال آن ارائه برنامه های پیشگیری کننده متناسب با نقص عصبی عضلانی و عملکردی می تواند به مربیان در پیشگیری و کنترل رخداد این آسیب کمک نماید. تحقیقات موجود در زمینه پیشگیری از آسیب ACL را می توان به دو گروه کلی تقسیم کرد. تحقیقاتی که با ارائه یک برنامه و اجرای آن بر گروهی خاص نرخ آسیب ACL را پس از تمرین در دو گروه مداخله و کنترل مقایسه می کنند و دسته ای که با توجه به ریسک فاکتورهای قابل تعدیل برنامه تمرینی را بر نقصهای موجود تمرکز کرده و عوامل مرتبط نورومکانیکی قبل و بعد از تمرین را با یکدیگر مقایسه می کنند. ۲۹ مقاله در بحث پیشگیری ار آسیب ACL در این مقاله مورد بررسی قرار گرفت. از این تعداد، ۱۲ مقاله با هدف اصلاح ریسک فاکتورها از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۴ و ۱۷ مقاله با هدف کاهش نرخ آسیب بین سالهای ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۲مورد بررسی قرار گرفت. غالب تحقیقات زنان فوتبالیست و بسکتبالیست را مورد نظر قرار داده اند. حداقل زمان موثر برای تمرینات و برنامه های پیشگیری ۶ هفته ذکر شده است و غالبا تمرینات پلایومتریک را به عنوان تمرینات موثر معرفی نموده اند البته نتایج بیانگر عدم ثبات اثر تمرینات عصبی عضلانی در بین مهارتهای مختلف است که این نتیجه خود بیانگر اثر همسانی۵۶ تمرینات با مهارتهای رایج ورزشی است.

برنامه های پیشگیری از آسیب ACL که بتوانند به صورت موفقیت آمیزی نرخ این آسیب را کاهش دهند زیاد نیستند. یکی از مشکلات رایج بیشتر این تمرینات عدم احراز معناداری نتایج آماری است زیرا نمونه کافی برای مقایسه گروه مداخله و کنترل برای بررسی نرخ آسیب ACL وجود ندارد و زمان لازم برای اجرا نیز در بیشتر مواقع متفاوت است. نتایج براساس سطح فعالیت، گروه سنی و نوع ورزش می تواند متفاوت باشد.

[51] Hewett
[52] Ligament Dominance
[53] Quadriceps Dominance
[54] Leg Dominance
[55] Trunk Dominance
[56]. Similarity



تصویر ۱. نتایج انتخاب مقالات مورد بررسی

بحث و نتیجه گیری

آسیب لیگامان صلیبی قدامی با دو مکانیسم برخوردی و غیر برخوردی رخ می دهد. آسیب برخوردی شامل یک نیروی خارجی است که وضعیت مفصل زانو را تغییر داده و موجب اعمال استرس بر ACL می شود. آسیبهای غیربرخوردی غالبا در حین فعالیتهایی که با کاهش سریع شتاب همراه است، مثل فرود از پرش یا در حین اجرای حرکت کاتینگ، رخ می دهند [۱۴]. ۸۰٪ آسیبهای ACL ناشی از مکانیسم غیر برخوردی است و بیش از ۷۰٪ آن در حین فرود از یک پرش رخ می دهد [۵]. به محض فرود، اندام تحتانی در وضعیتی قرار می گیرد که به این وضعیت غیر قابل برگشت (position-of-no-return) یا (PNR) یا والگوس کلاپس می گویند. در این وضعیت تنه دارای فلکشن جلویی، اداکشن هیپ، چرخش داخلی ران، ۲۰ تا ۳۰ درجه فلکشن زانو، والگوس زانو، چرخش خارجی تیبیا و پرونیشن بخش جلویی پا است. فرود با وضعیت کینماتیکی "PNR" موجب اعمال مقدار زیادی استرس به ACL می شود که می تواند منجر به پارگی کامل هم بشود. عوامل چندگانه ای در آسیب غیر برخوردی لیگامان صلیبی قدامی مشارکت دارند. این ریسک فاکتورها معمولا به دو دسته کلی بیرونی و درونی تقسیم می شوند. عوامل بیرونی صرفا شامل ریسک فاکتورهای محیطی و ریسک فاکتورهای درونی خود به دو دسته ریسک فاکتورهای بدنی قابل تعدیل و غیر قابل تعدیل تقسیم می شود[۱۵]. ریسک فاکتورهای درونی غیر قابل تعدیل شامل عوامل آناتومیکی و فیزیولوژیکی که از نظر بیولوژیکی ثابت هستند. ریسک فاکتورهای قابل تعدیل شامل عدم تعادل عصبی عضلانی است که با تمرین قابل تعدیل است. ریسک فاکتورهای محیطی به عنوان ریسک فاکتورهای بیرونی تعریف می شوند که خطر رخداد آسیب غیر برخوردی ACL را افزایش می دهند. این دسته بندی از ریسک فاکتورها شامل شرایط آب و هوایی، نوع سطح و نوع کفش می شود [۱۵].

ریسک فاکتورهای درونی قابل تعدیل

آسیب غیربرخوردی ACL ۴ تا ۶ برابر در زنان بیشتر از مردان رخ می دهد [۱۶]. بلوغ، در مردان یک جهش عصبی عضلانی را بروز می دهند در حالیکه زنان تغییرات اندکی را در طول بلوغ نمایش می دهند. این جهش عصبی عضلانی با افزایش توان، قدرت و هماهنگی در مردان بالغ همراه است. افزایش در قد و وزن موجب بالا رفتن مرکز جرم شده و کنترل عصبی عضلانی وزن بدن سخت تر می شود که ممکن است موجب اعمال نیروی مفصلی بیشتر به زانو شود [۱۱]. اگر سازگاری مناسب رخ ندهد، عدم تعادل عصبی عضلانی می تواند احتمال آسیب غیر برخوردی ACL رابالا ببرد. ایمبالانس عصبی عضلانی عموما در زنان دیده می شود و شامل تسلط چهار سران، تسلط لیگامان، تسلط پا و تسلط تنه است [۱۳].

تمامی این ایمبالانسهای عصبی عضلانی به کینماتیک زانو در وضعیت والگوس کلاپس ارتباط دارد. این ایمبالانسهای عصبی عضلانی برخلاف ریسک فاکتورهای آناتومیکی و فیزیولوژیکی با تمرین قابل تعدیل هستند.

تسلط چهار سر ران

تسلط چهار سر ران ایمبالانسی بین قدرت و الگوهای فعالسازی همسترینگ و چهار سر ران است [۱۳]. زنان در حین اجراهای ورزشی بیشتر تمایل به بکارگیری عضله کوادریسپس نسبت به عضلات همسترینگ دارند [۱۷]. تاکید بیش از حد روی عضلات کوادریسپس می تواند منجر به ایمبالانس بزرگی در قدرت بین عضلات کوادریسپس و همسترینگ شود. در حین فعالیتهایی مثل فرود[۵۷] و برش[۵۸]، مطالعات بسیاری بیان داشته اند که زنان الگوی تسلط کوادریسپس را در مقایسه با مردان نمایش داده اند [۱۸] . الگوی فعالیت تسلط کوادریسپس موجب جابجایی قدامی قابل توجهی در تیبیا و اعمال استرس بر ACL می شود [۱۹]. در پاسخ به جابجایی قدامی تیبیا، زنان ابتدا کوادریسپس را منقبض می کنند و بعد همسترینگ را در حالیکه مردان الگوی مخالفی را برای خنثی کردن جابجایی قدامی تیبیا دنبال می کنند [۱۹]. فعالسازی زود هنگام کوادریسپس با وضعیت اکستنشن زانو که در وضعیت والگوس کلاپس حین فرود از پرش مشاهده می شود قابل تشخیص است [۲۰-۲۲]. استرین ACL در فلکشن ۴۵ درجه زانو و یا کمتر و کاهش در فلکشن ۶۰ درجه زانو و یا بیشتر، افزایش می یابد [۲۳]. محققین گزارش کرده اند که آسیب ACL بین زوایای ۰ تا ۳۰ درجه [۵، ۲۴] رخ می دهد. در این زوایای فلکشن پایین، عضلات چهار سر ران بر خلاف همسترینگ برای کشیدن قدامی تیبیا منقبض می شود، در حالیکه در زوایای فلکشن بیشتر، عضلات چهار سر ران برای کشیدن خلفی تیبیا به صورت سینرژی[۵۹] منقبض می شود و در نتیجه استرین اعمالی بر ACL کاهش می یابد [۵].

[57]. Landing
[58]. Cutting
[59]. Synergy

عدم تعادل در الگوی فعالسازی تنها به صورت قدامی خلفی رخ نمی دهد بلکه به صورت داخلی خارجی نیز رخ می دهد. زنان در حین اجرای فرود از پرش همسترینگ خارجی را چهار برابر بیشتر از مردان فعال می کنند [۲۵]. بعلاوه زنان کاهش نسبی را در فعالسازی بخش داخلی نسبت به بخش خارجی عضله چهار سر را از خود نشان می دهند [۲۶]. این فراخوانی نامتعادل بخش خارجی و داخلی چهار سر ران به همراه افزایش فعالسازی بخش خارجی همسترینگ، موجب فشردگی بخش خارجی مفصل و افزایش نیروی برشی قدامی می شود [۲۵، ۱۲، ۳]. عدم تعادل فراخوانی بخش داخلی به نسبت بخش خارجی احتمالا با کاهش کنترل نیروهای صفحه عرضی در زانو مرتبط است [۲۵]. هم انقباضی عضلات همسترینگ و چهارسران برای ایجاد ثبات مفصل زانو و پیشگیری از جابجایی قدامی ناشی از اجرای حرکت تیبیا لازم است [۲۷].

تسلط لیگامان

زمانی که ورزشکار برای جذب نیروهای عکس العمل زمین از عوامل پاسیو ثبات (لیگامانهای زانو(تطابق استخوانی و غضروف‌های مفصلی) و تثبیت‌کننده‌های استاتیک) بیشتر از عوامل دینامیک ثبات (عضلات اندام تحتانی) بهره می گیرد، تسلط لیگامان رخ می دهد [۲۸]. به نظر می رسد که زنان ورزشکار اجازه می دهند که حرکت مفاصل اندام تحتانی بیشتر توسط نیروی عکس العمل زمین کنترل شود [۱۳]. این تمایل با افزایش حرکت داخلی زانو (والگوس زانو) بطور واضحی در حین اجرای فعالیتهای ورزشی نظیر فرود، کاتینگ و یا کاهش سرعت که ناشی از نیروهای بالای عکس العمل زمین است بطور واضحی مشخص می شود [۱۷، ۱۲]. البته این حرکت به صورت والگوس کلاپس که شامل آداکشن ران، چرخش داخلی ران، چرخش خارجی تیبیا و پرونیشن پا است مشخص می شود. عدم فعالسازی عضلانی در اندام تحتانی بویژه در زنان حین قرارگیری در این وضعیت احتمال آسیب ACL را افزایش می دهد [۱۴]. گروه عضلانی زنجیره حرکتی خلفی که در کنترل عضلانی اندام تحتانی نقش دارند عبارتند از عضلات سرینی (بزرگ و کوچک)، همسترینگ، دوقلو و نعلی. عضلات بزرگ و قوی زنجیره خلفی باید برای جذب نیروهای عکس‌العمل زمین به طور مناسبی فراخوانی شوند. [۱۵]

تسلط پا

سومین عدم تعادل عصبی– عضلانی که در زنان نسبت به مردان شایع تر است تسلط پا نام دارد. مایر(۲۰۰۴) تسلط پا را عدم تعادل قدرت عضلات و کینماتیک مفصل در اندام تحتانی مخالف بیان کرده است [۱۳]. عدم تعادل قدرت عضلانی، انعطاف پذیری، و هماهنگی دو اندام تحتانی مجاور می تواند موجب افزایش احتمال آسیب ACL شود [۱۱]. زنان در مقایسه با مردان حین فرود گشتاور همسترینگ پایین تر و زوایه والگوس زانوی بیشتری در اندام غیر برتر تولید می کنند [۱۷، ۱۲]. این تفاوت طرفین نسبت به یکدیگر هر دو اندام را در معرض آسیب قرار می دهد. اما از آنجاییکه تکیه بدن برای جذب نیروهای عکس العمل زمین بیشتر روی اندام برتر است استرس بیشتری بر اندام برتر اعمال می شود. بعلاوه، پای غیر برتر از آنجاییکه در مقایسه با پای برتر از توانایی عصبی عضلانی کمتری برخوردار است در معرض آسیب قرار دارد. غالبا زنان در مهارتهایی که نیازمند هماهنگی دو اندام تحتانی است، از یک پا بیشتر بهره می گیرند و وزن بیشتری را روی یک پا اعمال می کنند [۲۸].

برتری تنه

احتمال آسیب ACL در افرادی که حس کافی از وضعیت سه بعدی تنه در فضا ندارند و یا بعد از ایجاد اختلال نمی توانند حرکت تنه را کنترل کنند، بیشتر است. البته این مساله در زنان بیشتر از مردان رخ می دهد [۲۹]. یکی از تفاوتهای زنان و مردان کمتر بودن گیرنده های عمقی در تنه زنان است. نتایج تحقیق زازولک و همکاران (۲۰۰۷ و ۲۰۰۵) در رابطه با ارتباط گیرنده های عمقی و کنترل تنه با احتمال رخداد آسیب ACL در آینده به این نتیجه رسیدند که حرکت تنه و گیرنده های عمقی تنه می توانند در زنان احتمال بروز آسیب ACL را مشخص کنند [۲۹، ۱۸]، حال آنکه این رابطه در مردان وجود ندارد [۳۰]. زنان ورزشکار همچنین بطور معنی‌داری استقامت عضله مربع‌کمری کمتری نسبت به مردان دارند. ضعف یا عدم استقامت عضلانی عضلات مرکزی بعنوان یک عامل تعیین‌کننده در ولگوس زانو در پرش و فرودهای مکرر ذکر شده است [۳۱]. فعالسازی عضلات تثبیت‌کننده‌های تنه و لگن برای متعادل کردن حرکات تنه و تنظیم پوسچر اندام تحتانی حین اجرای مهارتهای دینامیک می تواند تا حدی شتاب تنه را کنترل کرده و با حفظ ثبات اندام تحتانی از آسیب جلوگیری کند. کاهش فعالیت پیش بین تثبیت‌کننده‌های تنه و لگن می‌تواند باعث حرکت تنه به جانب و افزایش بارهای ابداکشن زانو شود [۳۲].

ترکیب الگوهای فرود خطرناک و سازگاری عصبی عضلانی غیر موثر منجر به افزایش استرس بر ACL می شود [۳۳]. قدرت عضلانی کافی، به همراه فراخوانی عضلانی و زمانبندی صحیح، از جنبه های مهم ثبات زانو هستند [۳۳]. در واقع تحقیقات بیانگر این واقعیت هستند که در زنان زمان رسیدن گشتاور عضلانی همسترینگ به حداکثر بیشتر است و عضله کوادریسپس بیشتر از همسترینگ فعال شده و آنها را در معرض آسیب

ACL قرار می دهد [۳۴]. بر اساس این داده ها بنظر می رسد تمرینات عصبی عضلانی بطور بالقوه باعث کاهش آسیب‌های غیربرخوردی ACL در زنان ورزشکار شوند.

پیشگیری از آسیب ACL

از آنجاییکه ریسک فاکتورهای هورمونی و آناتومیکی ثبات فیزیولوژیکی دارند، برنامه های پیشگیری بر ریسک فاکتورهای عصبی عضلانی قابل تغییر مرتبط با آسیب غیربرخوردی زانو تمرکز دارد. با توجه به مطالعات انجام شده، برنامه های پیشگیری از آسیب مختلفی برای اصلاح نقصهایی که منجر به آسیب غیر برخوردی ACL می شود طراحی شده است. عواملی که این تحقیقات در برنامه خود مورد مطالعه قرار داده و یا با هم ترکیب کرده اند شامل قدرت عضلانی، الگوهای فراخوانی عضلانی، الگوی فرود و کاهش سرعت، گیرنده های عمقی و تمرینات پلایومتریکی است. بیشتر برنامه های پیشگیری از آسیب ACL بیشتر ورزشکاران رقابتی را هدف قرار داده و شامل تمرینات عصبی عضلانی، تمرین گیرنده های عمقی و تمرینات پلایومتریک است. تمرینات عصبی عضلانی برای افزایش ثبات مفصلی، بهبود حس وضعیت مفصل و توسعه رفلکسهای حفاظتی برای پیشگیری از آسیب است[۳۵]. تمرینات گیرنده های عمقی برای بهبود هماهنگی و تعادل در چند صفحه حرکتی در حین اختلالات حرکتی است. تمرینات پلایومتریک شامل پرشهای متفاوت، مانورهای فرود و برش در صفحات حرکتی مختلف و در شدتهای متفاوت است. جزء رایج دیگر از این تمرینات شامل تمرینات تعادلی، قدرتی و آگاهی از تکنیک حرکت است [۳۵]. در دهه های اخیر، مطالعات زیادی اهمیت و اثرگذاری برنامه های پیشگیری را در جوانان ورزشکار بیان کرده اند [۱۵، ۳۵،۳۶-۴۴]. مطالعاتی بیانگر اهمیت چندجانبه تمرینات عصبی عضلانی که شامل تمرینات پلایومتریک تخصصی ورزش، تمرینات چابکی و قدرتی بر کاهش قابل توجه آسیب ACL هستند [۳۶-۴۳].

در این تحقیق ابتدا به صورت مختصر نتایج تحقیقات تمرینات پیشگیری با هدف اصلاح ریسک فاکتورها را بررسی می کنیم و سپس به بحث و ارائه نتایج در مورد دسته دوم تحقیقات و بررسی اثر تمرینات بر نرخ آسیب می پردازیم.

تمرینات پیشگیری با هدف اصلاح ریسک فاکتورها

تحقیقات نشان داده که آسیب ACL در حدود کمتر از ۱۰۰ میلی ثانیه رخ می دهد در حالیکه فعالسازی عضلات رفلکسی حدودا ۱۲۸ میلی ثانیه بطول می انجامد [۴۵]. این نتایج بیانگر این است که آسیب ACL خیلی سریعتر از پاسخ رفلکسی عضلانی برای پیشگیری رخ می دهد [۲۸، ۴۶]. این فعالیت عضلانی اولیه ممکن است از طریق عملکرد دوکهای عضلانی فعالیت رفلکسی عضلات را بهبود بخشیده و با شناسایی سریعتر اغتشاشات غیرمنتظره ریسک آسیب لیگامانی را کاهش دهد [۴۶]. این الگوی عملکرد برنامه ریزی اولیه با تمرینات عصبی عضلانی قابل تعدیل و قابل تغییر است. تمرینات پلایومتریک می تواند این نوع از تغییرات در فعالسازی عضلانی و برنامه ریزی فیدفورواردی را از طریق سازگاریهای عصبی عضلانی به رفلکس کششی، الاستیسیته عضلات و ارگانهای گلژی تاندونی ایجاد کند [۴۷]. تمرینات پلایومتریکی می توانند منجر به کاهش نیروی عکس العمل زمین، کاهش ابداکشن ران و گشتاور داکشن ران در حین فرود، افزایش توان عضلانی اندام تحتانی و کاهش رخداد آسیب های جدی زانو شود [۴۳]. چمیرا و همکاران (۲۰۰۴)، نیز با اعمال ۶ هفته تمرین پلایومتریک توانستند فعالیت فیدفورواردی عضلات آداکتور و هم انقباضی عضلات اداکتور و ابداکتور را ارتقا دهند [۴۷]. پاترنو و همکاران (۲۰۰۴) به این نتیجه رسیدند که تمرینات عصبی عضلانی پروپریوسپتیو ثبات مرکزی نوسات قدامی–خلفی را بهبود می بخشد اما بر نوسانات صفحه داخلی–خارجی تاثیر معناداری نداشته اند [۴۸]. لپارت و همکاران (۲۰۰۵)، نیز با اعمال ۸ هفته تمرینات پلایومتریک بهبودی را در فعالیت الکترومایوگرافی عضله گلوتئوس مدیوس قبل از تماس اولیه با زمین در حین فرود یافتند [۴۹]. آنها پیشنهاد کردند که احتمالا تمرینات پلایومتریک برای بهبود الگوهای فعالسازی عضلانی مفید باشند. در این تحقیق تمرینات چابکی و پلایومتریکی برای چهار هفته اجرا شد و محققین پیشنهاد کردند که احتمالا این مدت زمان برای فراخوان عصبی عضلانی و تغییرات بهینه بیومکانیکی بعدی کافی نیست [۴۹]. میر و همکاران (۲۰۰۶) نیز بهبودی را در کینماتیک صفحه ساجیتال و فرونتال پس از یک دوره تمرین پلایومتریک یافتند [۵۰]. البته بهبود کینماتیک حرکت در سایر مطالعاتی که تمرینات چند جانبه را نیز مورد استفاده قرار داده بودند، به صورت افزایش فلکشن زانو و کاهش حرکت در صفحه فرونتال دیده شده بود [۵۰-۵۲]. میر و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی اثر تمرینات جامع عصبی عضلانی به این نتیجه رسیدند که ترکیب تمرینات چند جانبه با برنامه جامع مقادیر بیومکانیکی اجرا را بهبود می بخشد[۵۳]. اگرچه نتایج این تحقیق بیانگر اثر مثبت تمرینات بود اما با توجه به پروتکل تمرین که در جدول یک ارائه شده است مدت زمان تمرین بسیار بالا است و به احتمال قوی این عاملی خواهد بود تا مربیان گرایشی به استفاده ار این تمرینات پیشگیری نداشته باشند. پولارد و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیق خود که به مدت یک فصل انجام شد اثرات مثبتی بر کینماتیک ران مشاهده کردند اما اثرات مثبتی بر کینماتیک

زانو ندیدند. البته آنها بیان کردند که تمرینات پیشگیری به همراه تمرینات تخصصی فوتبال به مدت یک فصل موجب بهبود کینماتیک اندام تحتانی می شود [۵۴].

تمرینات عصبی عضلانی متفاوتی برای کنترل ریسک فاکتورهای آسیب ACL وجود دارد. با توجه به نقص های عصبی عضلانی و تسلط کوادریسپس، شاید تمرینات قدرتی بتواند این ریسک فاکتور را کنترل کند. بر این اساس، هولکامب و همکاران (۲۰۰۷) نیز نشان دادند که شش هفته تمرین قدرتی می تواند منجر به افزایش عملکرد نسبی گشتاور برونگرای همسترینگ به گشتاور درونگرای کوادریسپس شود. البته روش تمرینی در این تحقیق بسیار مهم بود زیرا تمرین برونگرای همسترینگ نسبت به تمرینات درونگرای قبلی بسیار موثر بود [۵۵]. این تمرینات موجب بهبود نسبت عملکردی کوادریسپس و همسترینگ شدند که در برای پیشگیری از آسیب غیر برخوردی ACL پیشنهاد شده است. البته مشخص نیست که تمرین قدرتی به صورت منحصر به فرد آیا می تواند عواملی چون زمان عکس العمل و انقباض پذیری را افزایش می دهد یا خیر. لذا به نظر می رسد در کنار این برنامه تمرینی تمرینات گیرنده های عمقی و پلایومتریکی می تواند همراه مناسبی باشد. البته هرمن و همکاران نیز در سال ۲۰۰۸ (جدول ۱)، تمرینات قدرتی با تمرکز بر عضلات کوادریسپس، همسترینگ، گلوتوس مدیوس و ماگزیموس بر بیومکانیک اندام تحتانی انجام دادند. اگرچه قدرت عضلانی بعد از تمرین افزایش یافت، اما تفاوت معناداری در بیومکانیک فرود قبل و بعد از تمرین مداخله ای دیده نشد. لذا به این نتیجه رسیدند که تمرینات قدرتی به تنهایی نمی تواند ریسک فاکتورهای آسیب غیر برخوردی ACL را در والیبالیستها، بسکتبالیستها و فوتبالیستها (گروه تجربی در تحقیق) کاهش دهد [۵۱]. این یافته تاییدی است بر این مساله که ثبات دینامیک تنها بواسطه افزایش قدرت عضلانی میسر نیست و عوامل دیگری چون تجزای الاستیک واحدهای عضلانی وتری و سیستم عصبی برای کاهش آسیبهای لیگامانی لازم است [۵۶].

میر و همکاران در سال ۲۰۰۷، با توجه به افزایش آبداکشن زانو در فرود به عنوان یک ریسک فاکتور به دنبال نقص عصبی عضلانی تسلط لیگامان و تنه و حتی پا، به بررسی اثر ۷ هفته تمرینات عصبی عضلانی در دو گروه پرخطر و کم خطرپرداختند که در نتیجه تمرینات اثر معناداری در کاهش ابداکشن زانو در گروه پرخطر داشت، اما هنوز میانگین ابداکشن زانو به حد گروه کم خطر نرسیده بود. این محققین به این نتیجه رسیدند که اگرچه این تمرینات بر گروه پرخطر اثرگذار است ولی برای کنترل بهینه نیاز به مدت زمان بیشتر و شدت تمرین بیشتر است [۵۷]. در بررسی اثر تمرینات ترکیبی، چپل و لیمپس(۲۰۰۸) بر اساس پروتکل نمایش داده شده در جدول یک، پیشگیری از آسیب ACL را بر کینماتیک زانو در دو مهارت STOP JUMP و DROP JUMP سنجیدند. با توجه به نتایج گشتاور والگوس زانو تنها در مهارت STOP JUMP کاهش و زاویه فلکشن زانو تنها در مهارت DROP JUMP افزایش یافت. اما به طور کلی اجرای هر دو مهارت بهبود یافت [۵۲]. در تحقیقی زبیس و همکاران (۲۰۰۸) با اعمال تمرین شش ماه تمرین عصبی عضلانی (جدول ۱) پیشگیری آسیب ACL موجب افزایش فعالیت عضله سمی تندنیس در مرحله پیش از فرود و مرحله فرود شده که می تواند به کنترل والگوس دینامیک در صفحه عرضی کمک کند [۵۸]. علاوه بر این فعالیت بیشتر همسترینگ می تواند نیروی قدامی که بر ACL اعمال می شود و ریسک پارگی آنرا بالا می برد را بهتر کنترل کند. لپورس[۶۰] و همکاران در سال ۲۰۱۳، اثر برنامه تمرینات پیشگیری موسوم به (PTP[۶۱])، به مدت شش هفته، بر کینماتیک صفحه ساجیتال در حین اجرای فرود تک پا، فرود دو پا و پرش ارتفاع عمودی در مردان والیبالیست را مورد بررسی قرار دادند. نتایج بیانگر افزایش زمان فرود از لحظه تماس تا رسیدن به حداکثر فلکشن در فرود تک پا و جابجایی زاویه ای زانو در فرود دو پا بعد از تمرین بود. اگرچه تمرینات موجب بهبود اجرای مهارت پرش عمودی شد اما این تغییرات در رفتار بیومکانیکی از نظر آماری معنادار نبود [۵۹].

بالاتر بودن سفتی عضلانی وتری (MTS[۶۲])، در پاسخ به لود اعمالی به ACL در لحظه فرود می تواند از نظر بیومکانیکی فوایدی در بر داشته باشد و شواهدی در این زمینه بیان شده که با MTS بالاتر میزان نیروهای برشی خلفی، گشتاور های صفحه فرونتال زانو کمتر و فلکشن زانوی بیشتری در لحظه به حداکثر رسیدن لود اعمالی بر ACL دیده شده است [۶۰]. بر همین اساس، بلک بورن و همکاران در سال ۲۰۱۴ به بررسی اثر تمرینات ایزومتریکی و ایزوتونیکی بر سفتی عضلانی همسترینگ و مکانیسم اعمال لود بر ACL پرداختند و پس از ۶ هفته تمرین به این نتیجه رسیدند که با تمرینات ایزومتریک و ایزوتونیک STIFNESS عضلانی افزایش می یابد و بدنبال آن مکانیسم اعمال لود بر ACL نیز به نحوی که لود کمتری اعمال شود تغییر یافت اما این تغییر از نظر آماری معنادار نبود. وی این نتیجه گیری را به تعداد کم نمونه و دوره کوتاه مدت تمرین مداخله ای نسبت داد. [۶۱]

60. Leporace
61. Preventative Training Program (PTP)
62. Musclotendinous Stiffness

جدول ۱. خلاصه تحقیقات با هدف اصلاح ریسک فاکتورهای آسیب غیر برخوردی ACL

تحقیقات	ریسک فاکتورهای مورد اصلاح	آزمودنیها	دوره مطالعه	برنامه تمرینی	تمرینات	نتایج	نتیجه گیری کلی
چیمرا و همکاران (۲۰۰٤)	عدم تعادل در هم انقباضی عضلانی	زنان فوتبالیست و بازیکنان هاکی	۶ هفته	۲۰ تا ۳۰ دقیقه در روز ۲ بار در هفته	تمرینات پلایومتریک	افزایش فعالیت فیدفورواردی آداکتورهای ران افزایش هم انقباضی اداکتورها و ابداکتورهای ران	بهبود کنترل راستای قرارگیری اندام تحتانی
پاترنو و همکاران (۲۰۰٤)	بهبود ثبات وضعیت بدن برای اجرای قوی، موثر و ایمن، سستی مفصل زانو در صفحات فرونتال و ساجیتال	زنان والیبالیست، فوتبالیست و بسکتبالیست	۶ هفته	۹۰ دقیقه در هر جلسه ۳ بار در هفته	تمرینات تعادلی، قدرتی تنه لگن و ران، پلایومتریک و تمرینات مقاومتی	افزایش معنادار ثبات زانو بطورکلی و در صفحه ساجیتال عدم وجود تفاوت معنادار در ثبات زانو در صفحه عرضی، بهبود ثبات وضعیت به صورت کلی عدم تغییر در ثبات وضعیتی در صفحه داخلی–خارجی	بهبود تعادل دینامیک
لپرت و همکاران (۲۰۰۵)	نقص عصبی عضلانی و مکانیسم بیومکانیکی مشارکت کننده در عدم ثبات دینامیک زانو مکانیسم های فرود قدرت عضلانی و زمان فعالسازی عضلانی	زنان فوتبالیست و بسکتبالیست	۸ هفته	۳۰ دقیقه در روز سه بار در هفته	دو گروه تمرینی مقاومتی و پلایومتریکی هر دو گروه در مرحله اول (تمرینات پلایومتریک، انعطاف پذیری، تعادلی و مقاومتی) در مرحله دوم گروه مقاومتی تنها شدت تمرین را افزایش داد اما گروه پلایومتریک در مرحله دوم تمرینات جامع پلایومتریک و چابکی را اضافه نمود	در هردو گروه بهبود قدرت ایزوکینتیکی عضلات باز کننده زانو، افزایش زاویه فلکشن زانو و زمان رسیدن با حداکثر فلکشن بعلاوه بهبود در فعالیت فیدفورواردی و زمان واکنش عضله گلوتوس مدیوس مشاهده شد	بهبود فرود با فلکشن ران و زانوی بیشتر
میر و همکاران (۲۰۰۵)	عدم تعادل در هم انقباضی عضلانی، افزایش زمان فعال سازی، کاهش قدرت، مکانیسم فرود با توجه به صفحه عرضی و صفحه ساجیتال و بهبود در اجرا	زنان فوتبالیست، بسکتبالیست و والیبالیست	۶ هفته	۳ بار در هفته ۹۰ دقیقه در جلسه	تمرینات پلایومتریک، تعادلی، قدرتی، مقاومتی و سرعتی کلیه تمرینات با بازخورد انجام شده است.	افزایش در فلکشن زانو در فرود و کاهش ولگوس زانو و گشتاور واروس	برنامه جامعی که منجر به منافعی چند جانبه در زنان ورزشکار بزرگسال می شود.
پولارد و همکاران (۲۰۰٦)	افزایش چرخش داخلی ران، ابداکشن ران، و کلاپس ولگوس زانو در حین فرود	زنان فوتبالیست	یک فصل	۲۰ دقیقه تمرین قبل از تمرینات فوتبال	تمرینات کششی، قدرتی، پلایومتریکی و چابکی	کاهش معنا دار در چرخش داخلی ران و آبداکشن ران در فرود عدم تغییر در ولگوس زانو	عدم کفایت تعداد آزمودنی ها
هلوکامب و همکاران(۲۰۰۷)	نسبت همسترینگ به کوادریسپس ایزوکینتیک	زنان فوتبالیست	۶ هفته	۴ بار در هفته	تمرینات قدرتی همسترینگ به صورت ایزوله	افزایش نسبت عملکردی (نسبت همسترینگ استریک به کوادریسپس کانسنتریک)	افزایش نسبت همسترینگ استریک به کوادریسپس کانسنتریک

تحقیقات	ریسک فکتورهای مورد اصلاح	دوره مطالعه	برنامه تمرینی	تمرینات	آزمودنی ها	نتایج	نتیجه گیری کلی
میر و همکاران (۲۰۰۷)	گشتاور افزایش یافته ابداکشن زانو در فرود	۷ هفته	۳ بار در هفته	برنامه تمرینی عصبی عضلانی	زنان فوتبالیست و بسکتبالیست در دو گروه پر خطر و کم خطر	کاهش گشتاور ابداکشن زانو در گروه پر خطر	تمرینات عصبی عضلانی در گروه پر خطر نسبت به گروه کم خطر اثر گذار تر بوده است.
چپل و لیمپیس واستی (۲۰۰۸)	گشتاور ولگوس دینامیک زانو زوایای فلکشن زانو و فلکشن ران در مرحله تکیه در دو مهارت drop jump و stop jump	۶ هفته	۶ بار در هفته ۱۵–۱۰ دقیقه قبل از تمرین	تمرینات قدرتی عضلات مرکزی، ثبات دینامیک مفصلی و تعادلی، تمرینات پلایومتریک و پرش	زنان فوتبالیست و بسکتبالیست	کاهش گشتاور زانو در stop jump افزایش زاویه فلکشن زانو در drop jump بهبود اجرای پرش	اثرات تمرینات عصبی عضلانی در بین مهارت های مختلف پرشی ثابت نیست.
هرمن (۲۰۰۸)	نیروی برشی قدامی تیبیا، نیروی عکس العمل عمودی زمین، گشتاور ولگوس زانو، گشتاور اداکشن ران، گشتاور چرخش داخلی ران در حین فرود در مهارت stop jump	۹ هفته	۳ بار در هفته	تمرینات قدرتی و تمرین با توپ برای تقویت عضلات کوادری سپس، همسترینگ، گلوتوس ماکسیموس و مدیوس	زنان ورزشکاری که ۳–۱ بار در هفته در ورزش هایی مثل والیبال، بسکتبال و فوتبال شرکت می کنند.	تمرینات موجب افزایش قدرت عضلانی شد، ولی تغییری در بیومکانیک فرود دیده نشد.	تمرینات قدرتی به تنهایی نمی توانند تغییری در بیومکانیک اندام تحتانی ایجاد کنند.
زبیس (۲۰۰۸)	الگوهای عصبی عضلانی که منجر به افزایش اکستنشن زانو و افزایش زاویه ولگوس زانو در فرود می شوند.	۱ فصل	۲ بار در هفته ۲۰ دقیقه در هر جلسه	تمرینات عصبی عضلانی با هدف افزایش آگاهی و کنترل عضلات ران، زانو و مچ در هنگام ایستادن، دویدن، پریدن و برش به همراه کار با توپ و استفاده از wobble board و balance mat	زنان فوتبالیست و هندبالیست نخبه	افزایش در فعالیت الکترومیوگرافی عضلات نیمه وتری عدم تغییر در فعالیت اکترومیوگرافی کوادریسپس	عدم وجود تعداد آزمودنی های کافی برای اندازه گیری کاهش پتانسیل آسیب.
لپوریت و همکاران (۲۰۱۳)		۶ هفته	سه بار در هفته ۸ تا ۹ دقیقه پلایومتریک ۴ تا ۵ دقیقه ثبات مرکزی ۴ تا ۵ دقیقه تمرینات تعادلی با ۲ دقیقه استراحت بین تمرینها	تمرینات پلایومتریک، تعادلی، ثبات مرکزی	مردان والیبالیست	تمرین در ارتفاع پرش دو مهارت فرود تک پا و دو پا موثر بود اما نتوانست تغییر عمده ای در متغیرهای بیومکانیکی ایجاد کند	
بلک بورن و همکاران (۲۰۱٤)	عدم عملکرد صحیح همسترینگ در کنترل حرکت رو به جلوی تیبیا بواسطه کمبود Stiffness عضلانی	۶ هفته	سه بار در هفته	تمرینات ایزومتریک، تمرینات ایزوتونیکی با تاکید بر Stiffness همسترینگ	زن و مرد غیر ورزشی	تمرینات ایزومتریکی موجب افزایش سفتی عضلانی در همسترینگ شد اما تفاوت معنادار آماری در متغیرهای کینماتیکی مرتبط با آسیب ACL دیده نشد	عدم وجود تعداد آزمودنی های کافی برای اندازه گیری دوره مداخله کوتاه مدت

تمرینات پیشگیری با هدف کاهش نرخ آسیب ACL

در سال ۱۹۹۶، کارافا و همکارانش درتحقیقی با اعمال تمرینات گیرنده های عمقی به بررسی ریسک آسیب ACL پرداختند. آزمودنی ها شامل بازیکنان فوتبالیست بود که تمرین تعادلی روی یک پا و انعطاف پذیری را انجام دادند که بیانگر اثر معناداری در کاهش آسیب ACL بود [۶۲]. اگرچه این نتیجه مورد تایید بیشتر تحقیقات اخیر نیست [۶۳]. سودرمن و همکاران نیز در سال ۲۰۰۰، تحقیق مشابهی را با تخته تعادل بر روی زنان فوتبالیست انجام دادند اما تفاوت آماری در میزان آسیب بین گروه مداخله و کنترل دیده نشد [۶۴]. اما برخی معتقدند که اشکالات بر این تحقیق وارد است زیرا تمرینات گروه کنترل در منزل انجام شد. تمرینات تعادلی و پروپریوسپتیو ممکن است برای پیشگیری از آسیب ACL مفید باشد اما اجرای آن توسط خود فرد کافی نیست و سازگاریهای عصبی عضلانی و بیومکانیکی نیاز به هدایت دارد [۶۳].

هوت و همکاران (۱۹۹۹) برای بررسی اثر برنامه تمرینات عصبی عضلانی، برنامه ای ترکیبی شامل انواع تمرینات پلایومتریک، انعطاف پذیری و تحمل وزن را به همراه الگوی صحیح فرود ابداع کردند. این برنامه را روی زنان فوتبالیست، بسکتبالیست و والیبالیست سنین دبیرستان اجرا شد و نتایج بیانگر اثر معنادار کاهشی بر میزان آسیب غیربرخوردی ACL بود [۳۸]. این برنامه در حال حاضر اصلاح و به روز شده و با نام SPORTMETRICS شناخته می شود.

هیث و همکاران (۲۰۰۰) اثر تمرینات آمادگی پیش از فصل را بر زنان فوتبالیست سنین بین ۱۴ تا ۱۸ را بدون تمرکز ویژه بر آسیب ACL، مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که نرخ کلیه ی آسیب های زانو به طور معناداری کاهش یافت. البته کاهش آسیب ACL از نظر آماری معنادار نبود. این نرخ در بین ورزشکاران تحت تمرین ۲/۴٪ و در بین ورزشکاران بدون تمرین ۱,۳٪ بود [۳۷]. در واقع می توان عدم معنادار بودن کاهش نرخ آسیب ACL را به کوچک بودن گروه تحت بررسی (۴۲ نفر) نسبت داد.

در بررسی اثر تمرینات عصبی عضلانی روی میزان آسیب ACL زنان هندبالیست، مایکل بوست و همکارانش در سال ۲۰۰۳، تمریناتی شامل تمرین روی وابل بورد و تمرینات زمینی متمرکز بر آگاهی از وضعیت زانو حین برش، پرش وفرود، تمرینات ثبات مرکزی را زیر نظر مربی و با همراه انجام دادند و در طول تمرینات بازخورد اعمال شد. اما تفاوت آماری معناداری بین گروه کنترل و مداخله در آسیب ACL (برخوردی و غیر برخوردی) مشاهده نشد. اگرچه تمرینات توانست بر نرخ آسیب غیربرخوردی ACL اثری کاهنده داشته باشد[۴۱]. در نتیجه این تمرین پیشگیری توانست اثر معنادار کاهشی بر آسیبهای غیربرخوردی ACL در زنان هندبالیست داشته باشد. سپس ودرکوپ و همکاران در سال ۲۰۰۳، روی ۱۶ تیم هندبال تمرینات مداخله ای مشابه با تمرینات کارافا و همکاران (۱۹۹۶) شامل تمرینات گیرنده های عمقی و قدرتی با استفاده از دیسک مچ پا اجرا کردند. نرخ آسیبهای تروماتیک به طور معناداری در گروه کنترل کاهش یافت و گروه مداخله به طور معناداری آسیبهای بزرگ و متوسط کمتری را نشان دادند. اما آسیبهای کلی زانو در گروه کنترل به طورمعناداری کمتر نشد [۶۵].

مندلبام و همکاران (۲۰۰۵) نیز تمریینات پیشگیری موسوم به PEP۶۳ طی دو سال اثر تمرینات عصبی عضلانی خود که شامل تمرینات آموزشی، کششی، قدرتی و پلایومتریک به همراه تمرینات تخصصی فوتبال بود را بر فوتبالیستهای زن مورد بررسی قرار دادند. نتیجه این تحقیق بیانگر ۸۸٪ و ۷۴٪ کاهش در نرخ آسیب ACL طی سالهای اول و دوم تمرین بود. البته میزان آسیب برخوردی و غیربرخوردی با یکدیگر بیان شده بود [۳۶]. در سال ۲۰۰۸، همین تمرینات توسط گیلچریست و همکاران روی تیم فوتبال زنان اعمال شد و با گروه دیگری از بازیکنان که همچنان به تمرینات قبلی خود ادامه می دادند مقایسه و تفاوت معناداری در نرخ آسیب ACL (برخوردی و غیربرخوردی) بطورکلی مشاهده نشد. اما بعد از هفته ۶ تا ۱۱ کاهش معناداری در نرخ آسیب ACL مشاهده شد [۴۴]. این یافته موید این است که ظاهرا تمرینات پس از مدت زمان خاصی تاثیر خود را بروز می دهند. البته بحث هایی نیز در این زمینه ارائه شده است که اگر تعداد آزمودنی های این تحقیق بالاتر بود احتمالا تفاوت معناداری بین دو گروه مشاهده می شد [۶۳]. تمرینات اولسن (۲۰۰۵) هم در کاهش معنادار نرخ رخداد آسیب ACL شکست خورد، اگرچه نتایج وی به صورت تجربی احتمال کاهش معنادار آسیب ACL و PCL را در گروه تحت تمرین می داد [۴۰]. بعلاوه برنامه پترسن (۲۰۰۵) موجب کاهش ۸۰٪ ریسک آسیب ACL شد اما این کاهش از نظر آماری معنادار نبود [۳۹]. پترسن (۲۰۰۵) از تمریناتی مشابه با پروتکل مایکلوبست (۲۰۰۳) استفاده کرد و کاهش غیرمعنادار ۸۰٪ در ریسک آسیب ACL را بدست آورد. هر دو برنامه شامل تمرینات تعادلی، پلایومتریکی در کنار آموزش تکنیک صحیح بود. تنها تفاوت در این بود که مایکلوبست و همکاران (۲۰۰۳)، قبل از فصل دوم مداخله پروتکل تمرینی را بر اساس بازخوردی که از بازیکنان و مربیان گرفته بود اصلاح کردند. این اصلاح شامل تمرینات چابکی با تمرکز بر اصلاح تکنیک در حین دویدن و فرود از پرش بود که تمرین را برای بازیکنان هندبال تخصصی تر می کرد [۴۱]. نتیجه تحقیق مایکلوبست (۲۰۰۳) و پترسن (۲۰۰۵) هر دو با سه با تکرار در هفته در طول فصل مثبت بود اما نتیجه تحقیق اولسن و همکاران (۲۰۰۵)، با وجود تمرینات مشابه اما با سیکل

[63]. Prevent Injury and Enhance Performance program

یکبار در هفته در مجموع ۱۵ جلسه، نتیجه اثرگذاری بر کاهش آسیب نداشت [۴۰]. احتمالا این تفاوت ناشی از مدت تمرین و فواصل زمانی بین تمرین است.

تنها مطالعه ای که به بررسی اثر تمرینات پیشگیری از آسیب در ورزشکاران فلوربال پرداخته است، مطالعه پاسانن و همکاران (۲۰۰۸) است. تمرینات قدرتی، پلایومتریک، تمرینات کنترل بدن و تعادل، تمرینات دویدن و کششی برای بازیکنانی که محدودیت انعطاف پذیری داشتند به همراه آموزش و بازخورد برای اصلاح تکنیکهای صحیح که در دو گروه حرفه ای و غیر حرفه ای انجام شد. اگرچه نتایج حاکی از عدم تفاوت معنادار کاهش آسیب ACL ، و کاهش معنادار آسیبهای غیربرخوردی پا بود [۶۶].

پفیفر و همکاران در سال ۲۰۰۶ اثر تمرینات پیشگیری از آسیب لیگامانی ر زانو شامل تمرینات قدرتی و پلایومتریک را بر نرخ آسیب زنان فوتبالیست، بسکتبالیست و والیبالیست بدون کاهش ارزیابی کردند [۶۷]. برنامه تمرین شامل تمرکز بر کاهش شتاب، تغییر جهت تمرینات پلایومتریک بوسیله پرش و فرود و آموزش وضعیت بدنی صحیح بود. تمرینات انعطاف پذیری، چابکی و تمرینات گیرنده های عمقی جزء برنامه آنها نبود. در واقع می توان این نتیجه را هم گرفت که شاید ۹ هفته تمرین برای سازگاری عصبی عضلانی کافی نیست. البته تحقیقات دیگری با دوره تمرینی مشابه وجود دارند که نتایج معناداری را ارائه کرده اند [۳۷-۳۸، ۶۴]. استفن و همکاران (۲۰۰۸)، در تحقیقی اثرات تمرینات پیشگیری از آسیب را در کاهش آسیب با تاکید بر تمرینات ثبات مرکزی، تعادل-پروپریوسپتیو و پلایومتریک و کشش استریکی همسترینگ بر زنان فوتبالیست مورد بررسی قرار دادند. تمرینات بر ثبات مرکزی، کنترل ران، کنترل صحیح راستای قرارگیری زانو برای پیشگیری از ژنوولگوم زانو در حین اجرای تعادل دینامیک و استاتیک مثل فرود از پرش تکیه داشت. تفاوت معناداری در نرخ کلیه آسیبها بین گروه کنترل و مداخله مشاهده نشد. محققین عدم تاثیر تمرین را بدلیل عدم اجرای صحیح تمرین توسط تیمها دانستند زیرا تنها ۱۴ تیم از ۵۸ تیم گروه مداخله تمرینات را تا۲۰ جلسه اجرا کردند [۶۸]. البته برنامه پیشگیری برای بررسی نرخ هر یک از آسیبها به صورت مجزا در این جامعه ویژه خیلی کلی است. اطلاعات مستقل در هر زیر گروه مورد بررسی به صورت مجزا گزارش نشده است بویژه آسیب غیر برخوردی ACL در این تحقیق گزارش نشده است [۶۸].

لابلا و همکاران در سال ۲۰۱۱ برنامه گرم کردن پیشگیری از آسیب ACL با اسم KIPP را که شامل ۲۰ دقیقه تمرین شامل تمرینات پلایومتریک، تعادل، کششی پیشرونده و تمرینات شتابی و آموزش اجرای فرود و برش ایمن بود را ضمن تربیت مربیان به عنوان ناظر و مجری تمرین روی زنان فوتبالیست و بسکتبالسیت اجرا کردند. نتایج بیانگر کاهش ۵۶٪ آسیبهای غیربرخوردی اندام تحتانی شامل اسپرین مچ و زانو در گروه مداخله بود [۶۹].

دو نمونه از تمرینات موفق در زمینه کاهش در نرخ آسیب ACL تمرینات HPT در تحقیق کیانی و همکاران (۲۰۱۰)، و تمرینات WALDEN در تحقیق والدن و همکاران (۲۰۱۲) است که روی فوتبالیستها انجام شده است. در این دو تحقیق اجزای اصلی تمرین، تمرینات پلایومتریک، تمرینات قدرتی عضلات تنه ، ثبات دینامیک ، آموزش و بازخورد مهارت صحیح است علاوه بر این هر دو تمرین مشابه تمرین 'FIFA11' دارای تمرینات تعادلی نیز هستند[۷۰،۷۱].

برنامه های پیشگیری از آسیب ACL که بتوانند به صورت موفقیت آمیزی نرخ این آسیب را کاهش دهند زیاد نیستند. یکی از مشکلات رایج بیشتر این تمرینات عدم احراز معناداری نتایج آماری است زیرا نمونه کافی برای مقایسه گروه مداخله و کنترل برای بررسی نرخ آسیب ACL وجود ندارد و زمان لازم برای اجرا نیز در بیشتر مواقع متفاوت است. نتایج براساس سطح فعالیت، گروه سنی و نوع ورزش می تواند متفاوت باشد.

جمع بندی

نقص در کنترل عصبی عضلانی نقش مهمی در ریسک آسیب ACL بازی می کنند این متغیرها از عوامل قابل اصلاح هستند. کاهش کنترل عصبی عضلانی تنه و اندام تحتانی در زنان احتمال وضعیت والگوس در اندام تحتانی را افزایش می دهد و احتمال آسیب ACL را بالا می برد. شناسایی این ایمبالانسهای عصبی عضلانی هم می تواند در شناسایی و غربالگری ورزشکاران در خطر کمک نماید و هم می تواند در طراحی تمرینات مداخله برای نقص های ویژه مورد استفاده قرار بگیرد. شناسایی ورزشکاران در خطر می تواند اولین وظیفه قبل از طراحی تمرینات پیشگیری از آسیب باشد.

تمرینات پیشگیری از آسیب در دو سطح مورد بررسی قرار گرفته است: گروهی که به بررسی روشهای تمرینی عصبی عضلانی بر تغییر ریسک فاکتورهای عصبی عضلانی و بیومکانیکی پرداخته اند و گروه دوم اثر تمرینات و برنامه ها را بر کاهش نرخ آسیب ACL مورد بررسی قرار داده اند. با توجه به نتایج مقالات مورد بررسی، بیشتر تمرینات مداخله ای تاثیر گذار شامل برنامه هایی چون: تمرینات کششی، قدرتی، ایروبیک،

جدول ۲. خلاصه برنامه های پیشگیری با هدف کاهش نرخ آسیب ACL

محقق (سال)	رشته ورزشی	جنسیت	دوره مطالعه	برنامه تمرینی	تمرینات	ناظر بر تمرینات	نتیجه	نام تمرین
کارافا و همکاران[1] (۱۹۹۶)	فوتبال	مرد	۳ فصل	۲۰ دقیقه در روز ۳۰ روز (قبل از فصل)	تمرینات گیرنده های عمقی و انعطاف پذیری		اثرگذار	
هوت و همکاران[2] (۱۹۹۹)	بسکتبال، والیبال و فوتبال	زن و مرد	۱ سال	۶۰ تا ۹۰ دقیقه در روز، سه روز در هفته، ۶ هفته	پلایومتریک، مقاومتی و انعطاف پذیری	آموزشیاران بسیار مجرب	اثرگذار	SPORTSMETRICS
هیت و همکاران[3] (۲۰۰۰)	فوتبال	زن	۱ سال	۲۰ جلسه، ۷ هفته (قبل از فصل)	آمادگی قلبی عروقی، پلایومتریک، مقاومتی و انعطاف پذیری		کاهش آسیب اما از نظر آماری بدون تفاوت معنادار	FATP
سودرمن و همکاران[4] (۲۰۰۰)	فوتبال	زن	۷ ماه	۱۰ تا ۱۵ دقیقه گرم کردن برای ۳۰ روز، ۳ بار در هفته بعد از ۳۰ روز (میان فصل)	تمرینات تخته تعادل (Balance board)	بدون ناظر	بر کاهش آسیب تروماتیک ACL موثر نبوده است	SODERMAN
مایکلبوست و همکاران[5] (۲۰۰۳)	هندبال	زن	۳ فصل	۱۵ دقیقه گرم کردن، ۳ بار در هفته، ۵ تا ۷ هفته قبل از فصل، یک هفته داخل فصل	دویدن، پرش، و تمرینات وابل بورد		در افرادی که دوره تمرینی را تا آخر همراهی کردند موجب کاهش آسیب شد	MYKLEBUST
ودرکوپ و همکاران[6] (۲۰۰۳)	هندبال	زن	۹ ماه	۱۰ تا ۱۵ دقیقه گرم کردن تمرینات صفحه مچ پا	تمرینات قدرتی عملکردی و صفحه مچ پا		غیر موثر	

1. Caraffa et al.
2. Hewett et al.
3. Heidt et al
4. Söderman et al.
5. Myklebust et al.
6. Wedderkopp et al.

ادامه جدول ۲. خلاصه برنامه های پیشگیری با هدف کاهش نرخ آسیب ACL

ماندلبوم و همکاران۲ (۲۰۰۵)	فوتبال	زن	دو سال	۲۰ دقیقه گرم کردن داخل فصل	تمرینات آموزش، کششی، قدرتی، پلایومتریک و تمرینات شتابی در ورزش تخصصی	بدون ناظر	۸۸٪ کاهش آسیب ACL در حین اولین فصل و ۷۴٪ کاهش در فصل دوم	PEP[1]
اولسن و همکاران۳ (۲۰۰۵)	هندبال	زن و مرد	۸ ماه	۱۵ تا ۲۰ دقیقه گرم کردنوزانه برای ۱۵ جلسه، ۱ بار در هفته بعد از ۱۵ جلسه داخل فصل	تمرینات گیرنده های عمقی، پریدن و	بازیکنان آموزشیار بسیار مجرب	کاهش آسیبهای کلی زانو نه تنها آسیب ACL	OLSEN
پترسن و همکاران٤ (۲۰۰۵)	هندبال	زن	۸ هفته	۱۰ دقیقه در هر جلسه، سه روز در هفته (۸ هفته در پیش از فصل) و ۱ روز در هفته (در فصل رقابت)	تمرینات تعادلی – پروپریوسپتیو (با تخته تعادل)، پلایومتریک، آموزشی		عدم معناداری آماری	PETERSEN
پفیفر و همکاران٦ (۲۰۰٦)	بسکتبال، والیبال و فوتبال	زن	دو فصل	۲۰ دقیقه گرم کردن، ۲ بار در هفته (داخل فصل)	پرش و تمرینات شتابی	بدون ناظر	اثر مستقیمی دیده نشد	KLIP[5]
گیلچریست و همکاران۷ (۲۰۰۸)	فوتبال	زن	۱ فصل	۲۰ دقیقه سه بار در هفته، ۱۲ هفته (داخل فصل)	گرم کردن، تمرینات انعطاف پذیری، مقاومتی، پلایومتریک و شتابی		مداخله موجب کاهش آسیب غیر برخوردی تا مرز ۳,۳ برابر شد	PEP

1. Prevent Injury and Enhance Performance program
2. Mandelbaum et al.
3. Olsen et al.
4. Petersen et al.
5. Knee Ligament Injury Prevention program
6. Pfeiffer et al.
7. Gilchrist et al.

ادامه جدول ۲. خلاصه برنامه های پیشگیری با هدف کاهش نرخ آسیب ACL

استفن و همکاران[1] (۲۰۰۸)	فوتبال	زن	۷/۵ ماه	۱۵ دقیقه در هر جلسه، برای ۱۵ جلسه، سپس ۱ روز در هفته استراحت	تمرینات ثبات مرکزی، تعادل، ثبات دینامیک (پلایومتریک)، کشش استریک همسترینگ	بازیکنان و مربیان	بدون اثر معنادار آماری	FIFA 11
پاسانن و همکاران[2] (۲۰۰۸)	فلوربال		۶ ماه	۲۰ تا ۳۰ دقیقه در هر جلسه ۲ تا ۳ روز در هفته با روند شدید و ۱ روز برای استراحت با شدت ثابت	تمرینات دویدن، تعادل و کنترل بدن، پلایومتریک، قدرتی و کششی		تفاوت معنادار آماری در آسیب غیربرخوردی و نیز آسیب کلی ACL دیده نشد	PASENEN
ویلدرمن و همکاران[3] (۲۰۰۹)	بسکتبال	زن	۶ هفته	۴ بار در هفته	تمرینات شتابی		بهبود فعالیت همسترینگ داخلی و احتمالا کاهش اسپرین ACL ناشی از پیوت	
کیانی و همکاران[4] (۲۰۱۰)	فوتبال	زن	۹ ماه	۲۰–۲۵ دقیقه در هر جلسه ۲ روز در هفته برای ۲ ماه پیش از فصل و ۱ روز در هفته در فصل	گرم کردن، فعالسازی عضلانی، تمرینات تعادلی، قدرتی، ثبات مرکزی	بدون ناظر	اثر معنادار	HPT OR HARMOKNEE PROGRAME
لبلا و همکاران (۲۰۱۱)	فوتبال و بسکتبال	زن	۱۳ هفته	۲۰ دقیقه سه بار در هفته	گرم کردن شامل تمرینات پلایومتریک، تعدل، کشش پیشرونده، و تمرینات شتابی با آموزش جلوگیری از دینامیک والگوس زانو و چگونگی فرود	مربیان آموزش دیده	۵۶٪ کاهش در کل آسیب غیربرخوردی اندام تحتانی شامل اسپرین زانو ومچ	KIPP[5]
والدن و همکاران[6] (۲۰۱۲)	فوتبال	زن	۷ ماه	۱۵ دقیقه در هر جلسه دو روز در هفته	تمرینات ثبات مرکزی، قدرت، تعادل، پرش–فرود، تکنیک (پلایومتریک) به همراه بازخورد راستای زانو	مربیان	اثرگذار	WALDEN

1. Steffen et al.
2. Pasanen et al.
3. Wilderman et al.
4. Kiani et al.
5. Knee Injury Prevention program
6. Walden et al.

اند. با توجه به نتایج مقالات مورد بررسی، بیشتر تمرینات مداخله ای تاثیر گذار شامل برنامه هایی چون: تمرینات کششی، قدرتی، ایروبیک، پلایومتریک، تمرینات آگاهی از وضعیت بدن و تمرینات پروپریوسپتیوها بودند. تمرینات پلایومتریک و پروپریوسپتیو از رایج ترین برنامه های کاهش ریسک آسیبهای غیربرخوردی ACL هستند. این تمرینات موجب کاهش ریسک فاکتورهای آسیب ACL شامل (کاهش نیروهای فرود، کاهش گشتاور واروس/والگوس، و افزایش فعالسازی عضلانی) می شود. از عوامل موفقیت برنامه های پیشگیری می توان به مواردی چون استفاده از تمرینات چند جانبه، شروع برنامه در پیش از فصل برای حداقل زمان ۶ هفته و به صورت مداوم در طول فصل با تعداد تکرار حداقل یک تا دو تکرار در هفته و وجود مربیان ناظر بر تمرین اشاره کرد. در آخر باید اذعان داشت که هنوز برنامه پیشگیری استاندارد مشخصی برای هر یک از رشته های ورزشی خاص معرفی نشده است.

منابع

1. Tik-Pui Fong D, Lam M, Lai P, Shu-Hang Yung P, Fung K Y, Chan K M. Effect of anticipation on knee kinematics during a stop-jump task. Gait & Posture 2014; 39: 75-79.
2. Gabler CM. The Effectiveness of Neuromuscular Training on a Modifiable Anterior Cruciate Ligament Injury Risk Factor. [Thesis]. Ohio State. The College of Health Sciences and Professions of Ohio University; 2012.
3. Sell TC, Ferris CM, Abt JP, Tsai YS, Myers JB, Fu FH, Lephart SM. Predictors of proximal tibia anterior shear force during a vertical stop-jump. Journal of Orthopaedic Research 2007; 25(12): 1589-1597.
4. McNair P, Marshall R, Matheson J. Important features associated with acute anterior cruciate ligament injury. The New Zealand Medical Journal 1990; 103(901): 537.
5. Boden BP, Dean GS, Feagin JA Jr, Garrett WE Jr. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. Orthopedics 2000; 23:573– 578.
6. Sell TC, Ferris CM, Abt JP, Tsai YS, Myers JB, Fu FH, Lephart SM. The effect of direction and reaction on the neuromuscular and biomechanical characteristics of the knee during tasks that simulate the noncontact anterior cruciate ligament injury mechanism. The American Journal Sports Medicine 2006; 34:43–54.
7. Kernozek TW, Torry MR, Vanhoof H, Cowley H, Tanner S. Gender differences in frontal and sagittal plane biomechanics during drop landings. Medicine and Science in Sports and Exercise 2005; 37(6): 1003-1012.
8. Schmitz RJ, Shultz SJ, Nguyen AD. Dynamic valgus alignment and functional strength in males and females during maturation. Journal of Athletic Training 2009; 44(1): 26.
9. Shultz SJ, Nguyen AD, Leonard MD, Schmitz RJ. Thigh strength and activation as predictors of knee biomechanics during a drop jump task. Medicine and Science in Sports and Exercise 2009; 41(4): 857- 866.
10. Sigward S, Pollard C, Powers C. The influence of sex and maturation on landing biomechanics: implications for anterior cruciate ligament injury. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports 2012; 22(4):502-9.
11. Hewett TE, Zazulak BT, Myer GD, Ford KR. 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(4): 492-501.
12. 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(10): 1745-1750.
13. 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(4): 352-364.
14. Ireland ML. The female ACL: why is it more prone to injury? Orthopedic Clinics of North America 2002; 33(4): 637–651.
15. Hewett TE, Ford KR, Hoogenboom BJ, Myer GD. Understandin and prevention ACL injuries: current biomechanical and epidemiological considerationd. North American Journal of Sport Physical Therapy 2010; 5(4): 234-51
16. Agel J, Arendt EA, Bershadsky B. Anterior cruciate ligament injury in national collegiate athletic association basketball and soccer. The American Journal of Sports Medicine 2005; 33(4):524-31.
17. Hewett TE, Stroupe AL, Nance TA, Noyes, FR. Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques. The American Journal of Sports Medicine 1996; 24:765–773.
18. Zazulak BT, Ponce P, Straub SJ, Medvecky MJ, Hewett TE. Gender comparison of hip muscle activity during single-leg landing. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy 2005; 35 :(5):292-9.

19. DeMorat G, Weinhold P, Blackburn T, Chudik S, Garrett W. Aggressive quadriceps loading can induce noncontact anterior cruciate ligament injury. The American Journal of Sports Medicine 2004; 32(2):477-83.
20. 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; 30:261–7.
21. Huston LJ, Wojtys EM. Neuromuscular performance characteristics in elite female athletes .The American Journal of Sports Medicine 1996; 24(4): 427-436.
22. Shultz SJ, Nguyen AD, Schmitz RJ. Differences in lower extremity anatomical and postural characteristics in males and females between maturation groups. The Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy 2008; 38(3): 137-149.
23. Besier TF, Lloyd DG, Cochrane JL, Ackland TR. External loading of the knee joint during running and cutting maneuvers. Medicine & Science in Sports & Exercise 2001; 33:1168–75.
24. Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, Bahr R. Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. The American Journal of Sports Medicine 2004; 32(4):1002-12.
25. Rozzi SL, Lephart SM, Gear WS, Fu FH. Knee joint laxity and neuromuscular characteristics of male and female soccer and basketball players. The American journal of sports medicine 1999; 27:312–19.
26. Myer GD, Ford KR, Hewett T. The effects of gender on quadriceps muscle activation strategies during a maneuver that mimics a high ACL injury risk position. Journal of Electromyography & Kinesiology 2005; 15: (2):181-9.
27. Fleming BC, Ohlen G, Renstrom PA, Peura GD, Beynnon BD, Badger GJ. The effects of compressive load and knee joint torque on peak anterior cruciate ligament strains. The American Journal of Sports Medicine 2003; 31:701-707.
28. 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(6):417-22.
29. 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 (3):368-73.
30. Paterno MV, Schmitt LC, Ford KR, Rauh MJ, Myer GD, Huang B, Hewett TE. Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. The American Journal of Sports Medicine 2010; 38:1968–1978.
31. Leetun DT, Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, DAVIS I. Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. Medicine & Science in Sports & Exercise 2004;36(6):926-34
32. Chaudhari AM, Andriacchi TP. The mechanical consequences of dynamic frontal plane limb alignment for non-contact ACL injury. Journal of Biomechanics 2006; 39:330-8.
33. Renstrom P, Ljungqvist A, Arendt E, Beynnon B, Fukubayashi T, Garrett W, Georgoulis T, Hewett TE, Johnson R, Krosshaug T, Mandelbaum B, Micheli L, Myklebust G, Roos E, Roos H, Schamasch P, Shultz S, Werner S, Wojtys E, Engebretsen L. Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement. British Journal of Sports Medicine 2008; 42:394–412.
34. 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; 16:438-45.
35. Padua DA, Marshall SW. Evidence supporting ACL-injury prevention exercise programs: a review of the literature. Athletic Therapy Today 2006; 11:11–23.
36. Mandelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe DS, Knarr JF, Thomas SD, Griffin, LY, Kirkendall, DT, Garrett WJ. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. The American Journal of Sports Medicine 2005; 33:1003–1010.
37. Heidt RS Jr, Sweeterman LM, Carlonas RL, Traub JA, Tekulve FX. Avoidance of soccer injuries with preseason conditioning. The American Journal of Sports Medicine 2000; 28:659–662.
38. Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobene JV, Noyes FR. The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. A prospective study. The American Journal of Sports Medicine 1999; 27:699–706.
39. Petersen W, Braun C, Bock W, Schmidt K, Weimann A, Drescher W, Eiling E, Stange R, Fuchs T, Hedderich J, Zantop T. A controlled prospective case control study of a prevention training program in female team handball players: the German experience. Archives of Orthopeadic & Trauma Surgeon 2005; 125:614–621.
40. Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, Holme I, Bahr R. Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomised controlled trial. British Medical Journal 2005; 330(7489):449.
41. Myklebust G, Engebretsen L, Braekken IH, Skjølberg A, Olsen OE, Bahr R. Prevention of noncontact anterior cruciate ligament injuries in elite and adolescent female team handball athletes. Instructional Course Lectures 2007; 56:407–418.

42. Soligard T, Myklebust G, Steffen K, Holme, I, Silvers, H, Bizzini M, Junge A, Dvorak J, Bahr, R, Andersen TE. Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomized controlled trial. British Medical Journal 2008; 337:a2469.
43. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Paterno MV, Quatman CE. The sequence of prevention: a systematic approach to prevent anterior cruciate ligament injury. Clinical Orthopedic Related Research 2012; 470:2930–2940.
44. 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. The American Journal of Sports Medicine 2008; 36:1476–1483.
45. 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. The American Journal of Sports Medicine 2007; 35: 359–367.
46. Hurd WJ, Chmielewski TL, Snyder-Mackler L. Perturbationenhanced neuromuscular training alters muscle activity in female athletes. Knee Surgery Sports Traumatology, Arthroscopy 2006; 14: 60–69.
47. Chimera NJ, Swanik KA, Swanik CB, Straub SJ. Effects of plyometric training on muscle-activation strategies and performance in female athletes. Journal of Athletic Training 2004; 39: 24–31.
48. Paterno MV, Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Neuromuscular training improves single-limb stability in young female athletes. Journal of Orthopeadic Sports Physical Therapy 2004; 34: 305-16.
49. Lephart SM, Abt JP, Ferris CM, Sell TC, Nagai T, Myers JB, Irrgang JJ. Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in high school athletes: a plyometric versus basic resistance program. British Journal of Sports Medicine 2005; 39: 932-8.
50. Myer GD, Ford KR, McLean SG, Hewett TE. The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics. The American Journal of Sports Medicine 2006; 34:445–455.
51. Herman DC, Weinhold PS, Guskiewicz KM, Garrett WE, Yu B, Padua DA. The effects of strength training on the lower extremity biomechanics of female recreational athletes during a stop-jump task. The American Journal of Sports Medicine 2008; 36: 733-40.
52. Chappell JD, Limpisvasti O. Effect of a neuromuscular training program on the kinetics and kinematics of jumping tasks. The American Journal of Sports Medicine 2008; 36:1081-6.
53. Myer GD, Ford KR, Palumbo JP, Hewett TE. Neuromuscular training improves performance and lower extremity biomechanics in female athletes. The Journal of Strength & Conditioning Research 2005; 19:51–60.
54. Pollard CD, Sigward SM, Ota S, Langford K, Powers CM. The influence of in-season injury prevention training on lowerextremity kinematics during landing in female soccer players. Clinical Journal of Sport Medicine 2006; 16:223–227.
55. Holcomb WR, Rubley MD, Lee HJ, Guadagnoli MA. Effect of hamstring-emphasized resistance training on hamstring: quadriceps strength ratios. The Journal of Strength & Conditioning Research 2007; 21: 41–47.
56. Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, La´zaro-Haro C, Cugat R. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. Knee Surgery Sports Traumatology, Arthroscopy 2009; 17(7):705-29.
57. Myer GD, Ford KR, Brent JL, Hewett TE. Differential neuromuscular training effects on ACL injury risk factors in ‘‘high-risk’’ versus ‘‘low-risk’’ athletes. BioMed Central Musculoskeletal Disorders 2007; 8:39
58. Zebis MK, Bencke J, Andersen LL, Dossing S, Alkjaer T, Magnusson SP, Kjaer M, Aagaard P. The effects of neuromuscular training on knee joint motor control during sidecutting in female elite soccer and handball players. Clinical Journal of Sport Medicine 2008; 18:329–337.
59. Leporace G , Praxedes, J, Ribeiro Pereira, G, Medeiros Pinto, S, Chagas, D, Metsavaht, L, Chame, F, Alberto Batista, L. Influence of a preventive training program on lower limb kinematics and vertical jump height of male volleyball athletes. Physical Therapy in Sport 2013; 14: 35e43.
60. Blackburn JT, Norcross MF, Cannon LN, Zinder SM. Hamstring’s stiffness and landing biomechanics linked to anterior cruciate ligament loading. Journal of Athletic Training 2013; 48(4):000–000.
61. Blackburn JT, Norcross MF. The effects of isometric and isotonic training on hamstring stiffness and anterior cruciate ligament loading mechanisms. Journal of Electromyography and Kinesiology 2014; 24 98–103.
62. Caraffa A, Cerulli G, Projetti M, Aisa, G. Rizzo, A. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. A prospective controlled study of proprioceptive training. Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy. 1996; 4(1):19–21.
63. Voskanian N. ACL Injury prevention in female athletes: review of the literature and practical considerations in implementing an ACL prevention program. Current Reviews in Musculoskeletal Medicine 2013; 6:158–163

64. Soderman K, Werner S, Pietilla T, Engström B, Alfredson H. Balance board training: prevention of traumatic injuries of the lower extremities in female soccer players? A prospective randomized intervention study. Knee Surgery Sports Traumatology, Arthroscopy 2000; 8:356–63.
65. Wedderkopp N, Kaltoft M, Holm R, Froberg K. Comparison of two intervention programmes in young female players in European handball: With and without ankle discs. Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports 2003; 35: 371-376
66. Pasanen K, Parkkari J, Pasanen M, Hiilloskorpi H, Mäkinen T, Järvinen M, Kannus P. Neuromuscular training and the risk of leg injuries in female floorball players: cluster randomised controlled study. British Medical Journal 2008; 337, a295.
67. Pfeiffer RP, Shea KG, Roberts D, Grandstrand S, Bond L. Lack of effect of a knee ligament injury prevention program on the incidence of noncontact anterior cruciate ligament injury. The Journal of Bone & Joint Surgery American volume 2006; 88: 1769-74.
68. Steffen K, Myklebust G, Olsen OE, Holme I, Bahr R. Preventing injuries in female youth football—a cluster-randomized controlled trial. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports 2008; 18(5):605-14.
69. LaBella CR, Huxford MR, Grissom J, Kim KY, Peng J, Christoffel KK. Effect of neuromuscular warm-up on injuries in female soccer and basketball athletes in urban public high schools: cluster randomized controlled trial. Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine 2011; 165:1033–40.
70. Waldén M, Atroshi I, Magnusson H, Wagner P, Hägglund M. Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomized controlled trial. British Medicine Journal 2012; 344: e3042.
71. Kiani A, Hellquist E, Ahlqvist K, Gedeborg R, Michaëlsson K, Byberg L. Prevention of Soccer-Related Knee Injuries in Teenaged Girls. Archives of Internal Medicine 2010; 170; 43-9.