



ÉNONCÉ DE POSITION

RECOMMANDATIONS DE L'ACMSE les programmes d'entraînement neuromusculaires peuvent réduire les blessures du ligament croisé antérieur chez les jeunes joueurs de soccer

Cathy J. Campbell, MSc, MD, Dip Sport Med, James D. Carson, MD, Dip Sport Med*, Elena D. Diaconescu, MD†, Rick Celebrini, PhD, PT‡, Marc R. Rizzardo, MPE, Dip Sport Physio‡, Véronique Godbout, MA Med Ed, MD, Dip Sport Med§, Jennifer A. Fletcher, MD, Dip Sport Med¶, Robert McCormack, MD, Dip Sport Med||, Ross Outerbridge, MD, Dip Sport Med**, Taryn Taylor, MSc, MD, Dip Sport Med††, Naama Constantini, MD, DFM, Dip Sport Med‡‡, et Manon Côté, BSc PT, MD, Dip Sport Med§§*

(Clin J Sport Med 2013;0:1–5)

INTRODUCTION

Cet énoncé de position de l'Académie canadienne de la médecine du sport et de l'exercice (ACMSE) passe en revue la littérature et conclut que les jeunes joueurs de soccer et leurs entraîneurs peuvent réduire l'incidence des blessures au ligament croisé antérieur (LCA) du genou par la mise en place de programmes d'entraînement neuromusculaire (ENM). De plus, nous proposons l'adoption coordonnée de tels programmes de prévention des blessures à l'échelle canadienne.

CONTEXTE

Près d'un quart de million de blessures du LCA surviennent chaque année au Canada et aux États-Unis¹. Les blessures du ligament croisé antérieur sont fréquentes dans les sports qui impliquent des changements subits de direction, des décélérations rapides et des atterrissages maladroits après un saut^{2,3}. Les blessures du ligament croisé antérieur entraînent généralement une convalescence postopératoire prolongée et éloignent le joueur de son sport pour une réadaptation complète. On note souvent une morbidité significative associée aux blessures du LCA par suite de symptômes persistants et d'une incidence accrue d'arthrose plus tard au cours de la vie⁴⁻¹³. La blessure, la chirurgie et la réadaptation maintiennent habituellement un athlète hors de la compétition pendant une période allant jusqu'à un an. Les effets psychologiques peuvent être graves. La crainte d'une autre blessure et la perte de confiance en soi peuvent être des facteurs majeurs qui nuisent au retour de l'athlète au jeu^{5,14}. L'athlète universitaire peut aussi perdre une année de scolarité et risque ainsi de voir une bourse d'études lui échapper.



De nombreuses études ont montré qu'il est possible de prévenir ces blessures du LCA¹⁵⁻¹⁸. On a démontré que l'implantation de programmes d'entraînement neuromusculaire (ENM) présentait un avantage potentiel de réduction des blessures du LCA chez les joueuses de soccer¹⁵⁻¹⁸. Des recherches récentes ont en outre montré que les programmes d'ENM peuvent également prévenir efficacement ce type de blessure chez les joueurs de soccer masculins^{19,20}. Dans cet article, nous nous penchons sur la prévention des blessures du LCA et nous décrivons les stratégies d'implantation de ces programmes auprès de tous les jeunes joueurs de soccer.

FACTEURS DE RISQUE DE BLESSURE DU LIGAMENT CROISÉ ANTÉRIEUR ET DIFFÉRENCES SELON LES SEXES

Les athlètes féminines, y compris les joueuses de soccer, sont exposées à un risque de 4 à 8 fois plus grand de blessure du LCA sans contact lors de sports multidirectionnels comparativement aux athlètes de sexe masculin²¹⁻²⁹. Les raisons de cette différence sont probablement multifactorielles et peuvent mettre en cause des distinctions anatomiques, hormonales, neuromusculaires et biomécaniques.

Facteurs de risque anatomiques et hormonaux

Les facteurs de risque anatomiques comprennent une échancrure intercondylienne plus étroite, une aire transversale plus petite du LCA et la laxité de l'articulation du genou^{23,25,30-32}. Les hormones sexuelles peuvent aussi agir directement sur le LCA en modifiant potentiellement sa résistance à la traction. Des études indiquent que davantage de blessures du LCA surviennent durant la phase folliculaire du cycle menstruel, mais le lien entre les taux d'hormones, la laxité ligamentaire et les blessures n'a pas été bien étudié³³. Les contraceptifs oraux pourraient conférer une protection contre les blessures du LCA, mais il faudra approfondir la recherche avant de pouvoir recommander des manipulations hormonales comme stratégie de prévention des blessures³⁴⁻³⁶.

Facteurs de risque neuromusculaires et biomécaniques

De nombreuses études ont évalué les différences entre les athlètes des deux sexes pour ce qui est des mouvements, de la résistance et des habiletés proprioceptives afin de tenter d'expliquer l'incidence plus élevée des blessures du LCA sans contact chez les athlètes féminines^{21,37-45}. Les athlètes féminines effectuent des mouvements à risque élevé de blessure du LCA tels que les changements de direction et la réception d'un saut avec une moins grande flexion et des angles valgus du genou plus prononcés. Ces postures du genou peuvent contribuer à une pression accrue sur le LCA et ainsi à un accroissement du risque de blessure^{39,40,44}. Des études prospectives ont mis au jour certains déficits de la stabilité et du contrôle des muscles centraux, prédictifs d'une blessure du LCA chez les athlètes féminines, mais non chez les hommes^{46,47}. Les femmes présentent une détérioration cumulative plus prononcée de la force isocinétique des jambes associée à la flexion du genou après un exercice à intensité élevée



intermittente, une demande inhérente au soccer. Par conséquent, un programme d'exercice insistant sur le contrôle neuromusculaire du tronc, des hanches et des genoux pourrait réduire les blessures du LCA sans contact chez les femmes⁴¹.

L'une des conclusions de la réunion sur la prévention de la blessure du LCA tenue à Hunt Valley (*Hunt Valley II Meeting on ACL*) a été la reconnaissance des divers éléments qui interviennent dans la mise en charge dynamique de l'articulation, y compris le contrôle du système nerveux central, l'interaction nerfs-muscles et des facteurs musculaires et articulaires³⁶. Ce groupe de consensus a recommandé une technique adéquate d'entraînement pour les changements de direction et la réception des sauts au moyen d'activités telles que l'entraînement à la marche, les routines d'agilité et la plyométrie. Le groupe a aussi recensé les facteurs susceptibles d'accroître la mise en charge et le travail dynamique au niveau du LCA. Ces facteurs sont notamment la fatigue, la diminution de la raideur du genou en torsion, le déséquilibre de la force musculaire des membres inférieurs, les changements de direction prévus ou non et la mauvaise réception des sauts (c.-à-d. avec genou en valgus). Le groupe a conclu que l'entraînement peut servir à réduire les blessures du LCA sans contact en modifiant ces divers éléments. Par exemple, des exercices d'entraînement qui améliorent la sollicitation précoce et la force des ischiojambiers peuvent réduire la translation tibiale antérieure et amoindrir ainsi le stress infligé au LCA durant les activités de changement de direction et de réception des sauts³⁶.

PREUVES À L'APPUI DES PROGRAMMES D'ENTRAÎNEMENT NEUROMUSCULAIRE POUR LA RÉDUCTION DU RISQUE DE BLESSURE DU LIGAMENT CROISÉ ANTÉRIEUR

Depuis une dizaine d'années, les preuves de l'efficacité des programmes d'ENM pour la réduction de l'incidence des blessures du LCA ont divergé^{15-18,48-50}. Toutefois, on dispose à présent d'une série de méta-analyses qui appuient les programmes d'ENM. En 2006, Hewett et coll.⁵¹ ont passé en revue 6 études et ont constaté qu'un entraînement à l'équilibre n'était pas efficace en soi, mais seulement lorsqu'il s'ajoutait à d'autres types d'entraînement. Grindstaff et coll. ont procédé à une revue des études de recherche originales qui comparaient des programmes d'ENM et des programmes témoins afin de déterminer le nombre de blessures du LCA sans contact par événement ou en fonction des heures passées au jeu. Cinq études ont répondu aux critères d'inclusion. Les auteurs ont estimé que le rapport des taux d'incidence brut entre le groupe d'intervention et le groupe témoin se situait à 0,30 (intervalle de confiance [IC] de 95 %, 0,26-0,61)⁵². En d'autres mots, on a observé une réduction de 70 % de l'incidence des blessures du LCA dans le groupe soumis à l'ENM comparativement au groupe témoin.

Yoo et coll.²² ont évalué l'efficacité des programmes de prévention des blessures du LCA en procédant à une méta-analyse de 7 études de cohorte prospectives. Leur



étude a conclu que les programmes de prévention par ENM permettaient efficacement de réduire le risque de blessures du LCA chez les athlètes féminines. L'entraînement a réduit plus efficacement le risque de blessure du LCA chez les sujets de moins de 18 ans et chez les sujets qui jouaient au soccer plutôt qu'au handball. De plus, l'entraînement présaison et en cours de saison a été plus efficace pour la prévention des blessures que l'entraînement présaison ou en cours de saison seulement. Leur analyse a montré que les exercices de plyométrie, de musculation et d'équilibre étaient essentiels à un programme d'entraînement réussi et capable de prévenir les blessures et d'améliorer la performance.

Une revue systématique de la littérature et une méta-analyse publiées en 2012 par Sadoghi et coll. visaient à déterminer si un programme d'ENM particulier offrait une meilleure protection comparativement à d'autres^{19,20}. L'hétérogénéité des 14 études sur les ENM qui ont été analysées a empêché les auteurs de choisir « le meilleur » programme d'entraînement pour prévenir les blessures du LCA. Toutefois, toutes les interventions qui ont réduit les blessures du LCA comportaient des programmes de prévention incluant des exercices axés sur l'entraînement neuromusculaire et étaient effectués pendant au moins 10 minutes, 3 fois par semaine. De plus, cette analyse a fourni des preuves solides de l'efficacité des programmes de prévention des blessures du LCA chez les athlètes, avec une réduction du risque de 52 % chez les femmes et de 85 % chez les hommes^{19,20}. Cette méta-analyse appuie nos recommandations à l'égard de l'application des programmes d'ENM aux hommes et aux femmes.

Une revue systématique et une méta-analyse de Gagnier et coll.⁵³ réalisée en 2012 a inclus 8 études de cohorte (d'observation) et 6 essais randomisés regroupant en tout près de 27 000 participants. La méta-analyse des effets aléatoires a généré une estimation du rapport des taux regroupés de 0,485 (IC de 95 %, 0,299-0,788; $p = 0,003$), indiquant un taux de blessure du LCA moindre dans les groupes soumis à l'intervention. Toutefois, on a noté une hétérogénéité appréciable entre les études pour ce qui est de l'effet estimé. Les auteurs ont noté que divers types d'interventions neuromusculaires et éducatives semblent réduire l'incidence des blessures du LCA d'environ 50 %, mais l'effet estimé a beaucoup varié d'une étude à l'autre.

Dans une méta-analyse portant sur les athlètes féminines, Myer et coll.⁵⁴ ont émis l'hypothèse de l'existence d'une fenêtre optimale au plan de l'âge pour maximiser les effets positifs des programmes d'ENM chez les jeunes athlètes féminines. Les auteurs ont observé une réduction du risque de 72 % chez les athlètes féminines de 18 ans ou moins, mais une réduction de 16 % seulement chez les plus de 18 ans. Ils ont conclu que le moment optimal pour instaurer un programme d'ENM est au début de l'adolescence, avant les changements mécanistes qui accroissent le risque de blessure⁵⁴.



LES EXERCICES 11+ DE LA FIFA

La FIFA (Fédération internationale de Football Association) est l'instance internationale qui régit le soccer organisé. Depuis 2003, la FIFA a fait la promotion des exercices pour la prévention des blessures. On peut voir les exercices 11+ à l'adresse <http://f-marc.com/11plus/exercises>⁵⁵. Les exercices « 11+ » ont été mis au point par un groupe international d'experts du Centre d'évaluation et de recherche médicale de la FIFA (*FIFA's Medical Assessment and Research Centre – F-MARC*), le Centre de recherche en traumatologie du sport d'Oslo et la Fondation de médecine sportive de Santa Monica.

CONDITIONS D'IMPLANTATION

Malgré l'efficacité avérée des programmes de prévention des blessures du LCA, la conformité à ces programmes et leur adoption demeurent des facteurs cruciaux pour obtenir une réduction globale des blessures du LCA^{18,56}. Selon Finch⁵⁶, les athlètes, les entraîneurs et les administrateurs sportifs n'adopteront des stratégies de prévention des blessures qu'en présence de certains critères. Ils doivent être convaincus que les stratégies proposées préviendront effectivement les blessures, qu'elles ne modifieront pas la nature ou l'appréciation du sport, qu'elles amélioreront les performances plutôt que de leur nuire et qu'elles seront faciles à appliquer^{56,57}. Les exercices sont souvent conçus sous forme de programmes d'échauffement structurés pour en assurer la pratique régulière par tous les joueurs⁵⁸. Dans le soccer chez les jeunes, c'est souvent aux entraîneurs que revient la décision d'appliquer des programmes de prévention des blessures. Or, les entraîneurs sont moins susceptibles d'appliquer des programmes de prévention des blessures s'ils ne sont pas spécifiques au soccer et s'ils empiètent trop sur les exercices réguliers¹⁸. Pour être efficaces, les programmes d'entraînement pour la prévention des blessures du LCA doivent viser deux objectifs : (1) améliorer les facteurs de risque connus et (2) remporter l'adhésion des entraîneurs et des athlètes et être effectués de façon régulière et constante.

Au Canada, les organismes qui régissent la pratique du soccer incluent l'Association canadienne du soccer (ACS) à l'échelle nationale et les associations de soccer provinciales dans chacune des provinces. Pour qu'un programme de prévention des blessures réussisse, il doit être adopté par l'ACS et par les associations provinciales de soccer aux échelons administratifs chargés de la gouvernance (conseil d'administration) et de l'aspect technique (entraînement). Cet appui doit inclure un élément de prévention des blessures propre à chacun des cours donnant droit au certificat d'entraîneur. Cet élément de prévention des blessures doit fournir la raison d'être du programme et des renseignements pratiques au sujet de l'application d'un échauffement pour la prévention des blessures. Le programme de prévention doit d'abord s'enseigner dans les cours communautaires de formation des entraîneurs puis gagner en détails et en complexité à mesure que les entraîneurs acquièrent une formation plus poussée. Un modèle de « formation des formateurs » serait utilisé et un professionnel de la santé qualifié serait chargé de présenter ce module du programme de formation des



entraîneurs. Le module comprendrait des démonstrations pratiques des exercices de prévention des blessures, une période de questions, des DVD et de la documentation à distribuer pour apprendre aux entraîneurs à enseigner ces exercices. Les joueurs pourraient accéder à cette information sur le site web de l'ACS, où ils pourraient voir des joueurs professionnels et des équipes nationales qui exécutent les exercices du programme.

Dans une méta-analyse, Sugimoto et coll.⁵⁹ ont noté que l'incidence des blessures du LCA était moindre dans les études au cours desquelles les programmes d'ENM étaient suivis à la lettre que dans les études où la conformité laissait à désirer. Pour améliorer la fidélité à ces programmes, il faut faire connaître aux entraîneurs leurs avantages potentiels sur la performance, en plus de l'efficacité pour la prévention des blessures^{58,60}. En effet, de récentes études montrent que l'entraîneur est le partenaire clé de l'adoption du programme par les joueurs⁶¹⁻⁶³. Outre la prévention des blessures, Reis et coll.⁶⁴ ont montré que les exercices « 11+ » peuvent servir comme conditionnement efficace pour améliorer la forme physique et la performance technique de jeunes joueurs de futsal (reconnu officiellement comme un soccer intérieur à cinq joueurs par équipe). La fidélité aux programmes augmentera si l'on veille à en assurer la durée efficiente (c.-à-d. en l'intégrant aux échauffements prévus), la rentabilité (aucun équipement supplémentaire nécessaire) et la formulation spécifique pour le soccer^{18,56}. L'entraînement en équipe ou en groupe demeure la façon la plus pratique d'appliquer des mesures de prévention des blessures, surtout chez les jeunes sportifs. Des professionnels de la santé qualifiés peuvent contrôler les équipes au plan de la fréquence, du contenu et de la qualité de l'exécution des programmes sur le terrain. Ils peuvent aussi agir à titre de personnes-ressources pour les entraîneurs qui ont des questions, qui veulent corriger des mouvements ou avoir des commentaires. Nous recommandons que le coût de l'application de ces programmes soit partagé entre les instances de gouvernance, les ligues et les équipes de soccer. Une annexe a été affichée sur le site web de l'ACMSE et explique comment une communauté canadienne a appliqué le programme d'ENM au soccer chez les jeunes. On ignore pour l'instant quels éléments des protocoles « 11+ » actuels de la FIFA sont les plus efficaces pour prévenir les blessures du LCA. Toutefois, on dispose de preuves suffisantes pour recommander l'application de tels programmes à toutes les équipes canadiennes de soccer chez les jeunes.

RECOMMANDATIONS

L'Académie canadienne de la médecine du sport et de l'exercice formule les recommandations suivantes pour aider les jeunes joueurs de soccer et leurs entraîneurs à réduire l'incidence des blessures du LCA. Le tableau montre la solidité des recommandations qui se fondent sur celles de Ebell et coll.⁶⁵.

1. Tous les jeunes joueurs de soccer canadiens devraient participer à des programmes d'exercices qui intègrent un entraînement neuromusculaire,



- proprioceptif, d'agilité et de musculation dans leur routine habituelle de pratique et d'échauffement (Solidité de la recommandation = A).
2. Ces programmes d'ENM doivent commencer au moins au début de l'adolescence (Solidité de la recommandation = A).
 3. Au cours de l'application du programme de prévention des blessures du LCA pendant l'entraînement, les entraîneurs doivent fournir des commentaires constructifs sur l'exécution des routines et les joueurs doivent apprendre en observant chacun de leurs coéquipiers effectuer les exercices (Solidité de la recommandation = B).
 4. Les instances de gouvernance nationales et provinciales du soccer doivent développer des programmes de prévention des blessures du LCA spécifiques aux groupes d'âge et contrôler l'efficacité de ces programmes en fonction des preuves les plus récentes disponibles (Solidité de la recommandation = B).
 5. Les équipes de soccer doivent collaborer avec un professionnel de la santé ou de l'éducation physique qualifié à la mise en œuvre d'un programme de prévention des blessures du LCA pour les séances d'entraînement de l'équipe (Solidité de la recommandation = A).
 6. Les organismes professionnels regroupant des médecins du sport, physiothérapeutes, chiropraticiens, soigneurs et professeurs d'éducation physique peuvent prendre l'initiative en encourageant leurs membres à fournir des séances de formation appropriées et de la documentation aux équipes de soccer (Solidité de la recommandation = C).
 7. Il est essentiel de poursuivre la recherche pour perfectionner ces programmes en fonction des pratiques d'entraînement optimales fondées sur des preuves récentes (Solidité de la recommandation = B).
 8. Il faut continuer d'approfondir la compréhension, le développement et le perfectionnement des stratégies d'application pour favoriser la fidélité aux programmes de prévention et leur adoption (Solidité de la recommandation = A).

Solidité de la recommandation	Base de la recommandation
A	Preuve cohérente, bonne qualité, axée sur les patients
B	Preuve peu constante ou de qualité limitée, axée sur les patients
C	Preuve consensuelle, axée sur la maladie, pratique habituelle, opinion d'experts ou série de cas pour des études sur le diagnostic, le traitement, la prévention ou le dépistage

BIBLIOGRAPHIE :



1. Silvers HJ, Mandelbaum BR. Prevention of anterior cruciate ligament injury in the female athlete. *Br J Sports Med* 2007;41:i52-9.
2. Boden BP, Dean GS, Feagin J. et al. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics*. 2000; 23: 573-8.
3. Krosshaug T, Nakamae A, Boden BP, Engebretsen L, Smith G, Slauterbeck JR, et al. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. *Am. J. Sports Med.* 2007; 35: 359-367.
4. Laboute E, Savalli L, Puig P, et al. Analysis of return to competition and repeat rupture for 298 anterior cruciate ligament reconstructions with patellar or hamstring tendon autograft in sportspeople. *Ann Phys Rehabil Med.* 2010;53(10):598-614.
5. Ageberg E, Forssblad M, Herbertsson P, Roos EM. Sex differences in patient-reported outcomes after anterior cruciate ligament reconstruction: data from the Swedish knee ligament register. *Am J Sports Med.* 2010;38(7):1334-42.
6. Keays SL, Newcombe PA, Bullock-Saxton JE, Bullock MI, Keays AC. Factors involved in the development of osteoarthritis after anterior cruciate ligament surgery. *Am J Sports Med.* 2010;38(3):455-63.
7. Neuman P, Englund M, Kostogiannis I, Friden T, Roos H, Dahlberg LE. Prevalence of tibiofemoral osteoarthritis 15 years after nonoperative treatment of anterior cruciate ligament injury: a prospective cohort study. *Am J Sports Med.* 2008;36(9):1717-25.
8. Renstrom P, Ljungqvist A, Arendt E, et al. Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement. *Br J Sports Med.* 2008;42(6):394-412.
9. Lohmander LS, Englund PM, Dahl LL, Roos EM. The long-term consequence of anterior cruciate ligament and meniscus injuries: osteoarthritis. *Am J Sports Med.* 2007;35(10):1756-69.
10. Freedman KB, Glasgow MT, Glasgow SG, et al. Anterior cruciate ligament injury and reconstruction among university students. *Clin Orthop Relat Res.* 1998;356:208-212.
11. Podlog L, Eklund, R. Assisting injured athletes with the return to sport transition. *Clin J Sport Med.* 2004;14:257-260.
12. Soderman K, Pietila T, Alfredson H, et al. Anterior cruciate ligament injuries in young females playing soccer at senior levels. *Scand J Med Sci Sports.* 2002;12:65-8.
13. Lohmander LS, Ostenberg A, Englund M, et al. High prevalence of knee osteoarthritis, pain and functional limitation in female soccer players twelve years after anterior cruciate ligament injury. *Arthritis Rheum.* 2004;50:3145-3152.
14. Langford JL, Webster KE, Feller JA. A prospective longitudinal study to assess psychological changes following anterior cruciate ligament reconstruction surgery. *Br J Sports Med.* 2009;43(5):377-8.
15. Myklebust G, Engebretsen L, Braekken IH, Skjolberg A, Olsen OE, Bahr R. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. *Clin J SportMed.* 2003;13:71-8.



16. Mandelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe DS, et al. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes, 2 year follow-up. *Am J Sports Med.* 2005;33:1003-1010.
17. Walden M, Atroshi I, Magnusson H, Wagner P, Hagglund M. Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomised controlled trial. *Br Med J.* 2012; 344.
18. Soligard T, Nilstad A, Steffen K, et al. Compliance with a comprehensive warm-up programme to prevent injuries in youth football. *Br J Sports Med* 2010;44(11):787-93.
19. Sadoghi P, Von Keudell A, Vavken P. Effectiveness of anterior cruciate ligament injury prevention training programs. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94:769-76.
20. Wright RW. An ounce of prevention beats a pound of reconstruction. Commentary on an article by Patrick Sadoghi, et al.: "Effectiveness of anterior cruciate ligament injury prevention training programs". *J Bone Joint Surg Am.* 2012; 94:e60(1).
21. Boden BP, Sheehan FT, Torg JS, Hewett TE. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: mechanisms and risk factors. *J Am Acad Orthop Surg.* 2010;18(9):520-7.
22. Yoo JH, Lim BO, Ha M, et al. A meta-analysis of the effect of neuromuscular training on the prevention of the anterior cruciate ligament injury in female athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18(6):824-30.
23. Myer GD, Ford KR, Paterno MV, Nick TG, Hewett TE. The effects of generalized joint laxity on risk of anterior cruciate ligament injury in young female athletes. *Am J Sports Med.* 2008;36(6):1073-80.
24. Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobene JV, et al. The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. A prospective study. *Am J Sports Med.* 1999;27:699-706.
25. Arendt E, Dick R. Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer: NCAA data and review of literature. *Am J Sports Med.* 1995;23:694-701.
26. Harmon KG, Ireland ML. Gender differences in noncontact anterior cruciate ligament injuries. *Clin Sports Med.* 2000;19:287-302.
27. Ireland ML. The female ACL: why is it more prone to injury? *Orthop Clin North Am.* 2002;33:637-651.
28. Emery CA, Meeuwisse, WH, Hartmann, SE. Evaluation of risk factors for injury in adolescent soccer: Implementation and validation of an injury surveillance system. *Am J Sport Med.* 2005;33(12):1-10.
29. Shea KG, Pfeiffer R, Wanh JH, et al. Anterior Cruciate Ligament Injury in Pediatric and Adolescent Soccer Players: An Analysis of Insurance Data. *Journal Pediatr Orthop.* 2004;24(6):623-8.
30. Shelbourne KD, Davis TJ, Klootwyk T. The relationship between intercondylar notch width of the femur and the incidence of anterior cruciate ligament tears. *Am J Sports Med.* 1986;26:402-8.
31. Muneta T, Takakuda K, Yamamoto H. Intercondylar notch width and its relation to the configuration and cross-sectional area of the anterior cruciate ligament: A cadaveric knee study. *Am J Sports Med.* 1997;25(1):69-72.



32. Medrano D, Smith D. A comparison of knee joint laxity among male and female collegiate soccer players and non-athletes. *Sports Biomechan.* 2003;2(2):203–212.
33. Shultz SJ, Sander TC, Kirk SE, Perrin DH. Sex differences in knee joint laxity change across the female menstrual cycle. *J Sports Med Phys Fitness.* 2005;45(4):594-603.
34. Lebrun CM, Joyce SM, Constantini NW. Effects of Female Reproductive Hormones on Sports Performance. In Constantini, NW, Hackney AC (Eds.) *Sports Endocrinology. 2nd Edition*, Volume in Conn PM (Ed.), Contemporary Endocrinology Series, Totowa, NJ: The Humana Press. 2013;281-322.
35. Martineau PA, Al-Jassir F, Lenczner E, et al. Effect of the oral contraceptive pill on ligamentous laxity. *Clin J Sport Med.* 2004;14:281-6.
36. Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA, et al. Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: a review of the Hunt Valley II meeting, January 2005. *Am J Sports Med.* 2006;34(9):1512-32.
37. Powell JW, Barber-Foss KD. Sex-Related Injury Patterns Among Selected High School Sports. *Am J Sports Med.* 2000;28(3): 385-391.
38. Rozzi SL, Lephart SM, Gear WS, Fu FH. Knee Joint Laxity and Neuromuscular Characteristics of Male and Female Soccer and Basketball Players. *Am J Sports Med.* 1999;27(3):312-319.
39. Malinzak R, Cobby S, Kirkendall D, et al. A comparison of knee motion and electromyography patterns between men and women in selected athletic manoeuvres. *Clin Biomech.* 2001;16:438–445.
40. Ford K, Myer GD, Hewett TE. Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;1745–1750.
41. Mercer BE, Gleeson NP, Wren K. Influence of prolonged intermittent high-intensity exercise on knee flexor strength in male and female soccer players. *Eur J Appl Physiol.* 2003;89:506-8.
42. Caraffa A, Cerulli G, Projetti M, et al. Prevention of anterior cruciate injuries in soccer: a prospective controlled study of proprioceptive training. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1996;4:19–21.
43. McLean SG, Beaulieu ML. Complex integrative morphological and mechanical contributions to ACL injury risk. *Exerc Sport Sci Rev.* 2010;38(4):192-200.
44. Boden BP, Sheehan FT, Torg JS, Hewett TE. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: mechanisms and risk factors. *J Am Acad Orthop Surg.* 2010;18(9):520-7.
45. Yu B, Kirkendall DT, Garrett WE. Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes: Anatomy, Physiology and Motor Control. *Sports Medicine and Arthroscopy Review.* 2002;10:58-68.
46. Urabe Y, Kobayashi R, Sumida S, Tanaka K, et al. Electromyographic analysis of the knee during jump landing in male and female athletes. *The Knee* 2005;12(2):129-134.
47. Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki, J. Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: a prospective biomechanical-epidemiologic study. *Am J Sports Med.* 2007;35:1123-1130.



48. Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki, J. The effects of core proprioception on knee injury: A prospective biomechanical-epidemiological study. *Am J Sports Med.* 2007;35:368-373.
49. Heidt RS, Sweeterman LM, Carlonas RL, et al. Avoidance of Soccer Injuries with Preseason Conditioning. *Am J Sports Med.* 2000;28(5): 659-662.
50. Soderman K, Werner S, Pietila T, Engstrom B, Alfredson H. Balance board training: prevention of traumatic injuries of the lower extremities in female soccer players? A prospective randomized intervention study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2000;8: 356-363.
51. Pfeiffer RP, Shea KG, Roberts D, Grandstrand S, Bond L. Lack of effect of a knee ligament injury prevention program on the incidence of non contact anterior ligament injury. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88-A(8);1769-1774.
52. Hewett TE, Ford KR, Myer GD. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes, Part 2, a meta-analysis of neuromuscular interventions aimed at injury prevention. *Am J Sports Med.* 2006;34(3):490-8.
53. Grindstaff TL, Hammill RR, Tuzson AE, Hertel J. Neuromuscular control training programs and non-contact anterior cruciate ligament injury rates in female athletes: a numbers-needed-to-treat analysis. *J Athl Train.* 2006;41: 450-6.
54. Gagnier JJ, Morgenstern H, Chess L. Interventions Designed to Prevent Anterior Cruciate Ligament Injuries in Adolescents and Adults. A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med.* Published online before print September 12, 2012, doi:10.1177/0363546512458227
55. Myer GD, Sugimoto D, Thomas S, Hewett TE. The influence of age on the effectiveness of neuromuscular training to reduce anterior cruciate ligament injury in female athletes: a meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2013;41(1):203-15.
56. F-MARC 11+. Accessed at <http://f-marc.com/11plus/>. April 15, 2013.
57. Finch C. A new framework for research leading to sports injury prevention. *J. Sci. Med. Sport.* 2006;(9):3-9.
58. Eime R, Owen N, Finch C. Protective eyewear promotion: applying principles of behaviour change in the design of a squash injury prevention programme. *Sports Med.* 2004;34(10):629-38.
59. Steffen K, Bahr R, Myklebust G. ACL Prevention in Female Football. *Aspetar Sports Medicine Journal* April 2013. 178-185.
60. Sugimoto D, Myer GD, Bush HM, Klugman MF, Medina McKeon JM, Hewett TE. Compliance with neuromuscular training and anterior cruciate ligament injury risk reduction in female athletes: a meta-analysis. *J Athl Train.* 2012;47(6):714-23.
61. Postma WF, West RV. Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Programs. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95:661-9
62. Steffen K, Emery CA, Romiti M, Kang J, Bizzini M, Dvorak J, Finch CF, Meeuwisse WH. High adherence to a neuromuscular injury prevention programme (FIFA 11+) improves functional balance and reduces injury risk in Canadian youth female football players: a cluster randomized trial. *BJSM Online*, April 4, 2013. 10.1136/bjsports-2012-091886.



63. Steffen K, Meeuwisse WH, Romiti M, Kang J, McKay C, Bizzini M, Dvorak J, Finch CF, Myklebust G, Emery CA. Evaluation of how different implementation strategies of an injury prevention programme (FIFA 11+) impact team adherence and injury risk in Canadian female youth football players: a cluster randomized trial. *BJSM Online*, March 13, 2013 10.1136/bjsports-2012-091887.
64. Myklebust G, Skjolberg A, Bahr R. ACL injury incidence in female handball 10 years after the Norwegian ACL prevention study: important lessons learned. *BJSM Online*, February 12, 2013 10.1136/bjsports-2012-091862.
65. Reis I, Rebelo A, Krustup P, Brito J. Performance Enhancement Effects of Federation Internationale de Football Association's "The 11+" Injury Prevention Training Program in Youth Futsal Players. *Clin J Sport Med* 2013;23:318–320.
66. Ebell MH, Siwek J, Weiss BD, et al. Strength of recommendation taxonomy (SORT): a patient-centered approach to grading evidence in the medical literature. *J Am Board Fam Pract*. 2004;17(1):59-67.