

# Alteraciones Neuromusculares en Mujeres: Factores de Riesgo y Medición

La participación de mujeres en deportes de conjunto, deportes de contacto, individuales, buscando salud, o simplemente como una opción estética, se ha convertido en los últimos años en una manifestación masiva que ha llevado al crecimiento notorio de un alto porcentaje de la población femenina a involucrarse en actividades lúdico-recreo-deportivas y de acondicionamiento físico. Lamentablemente, este auge por el deporte, la actividad física y el ejercicio en las mujeres, se ha visto acompañado por un incremento, a su vez, de las tasas de lesión de rodilla, especialmente, lesiones de ligamento cruzado anterior y dolor patelofemoral. (Hutchinson & Ireland, 1995) (Arendt, Agel & Randall, 1999)

Tanto las lesiones por ruptura del ligamento cruzado anterior como los dolores patelofemorales cobran especial importancia por las implicaciones quirúrgicas y tratamientos terapéuticos que conllevan, produciendo incapacidades prolongadas, pérdida de entrenamientos y participaciones deportivas, abandono del deporte o el ejercicio, sin mencionar, los altos costos que producen a los sistemas de salud. (Flynn et al, 2005) (Tumia & Mafulli, 2002)

Se ha reportado especialmente un aumento notorio, muy por encima del reportado en hombres, de lesiones de rodilla en mujeres deportistas adolescentes (Powell & Barber-Foss, 2000). Este hecho se ha corroborado a través de estudios epidemiológicos longitudinales (Arendt et al, 1999), generando preocupación e interés científico en la comprensión de este fenómeno dada la complejidad y duración del tratamiento puesto que, generalmente, la lesión más recurrente involucra el ligamento cruzado anterior. Varios factores de riesgo se han propuesto y asociado con la aparición de este tipo de lesión, la cual involucra un mecanismo de no contacto en su aparición (Ireland, 2000). El propósito de este artículo es explicar y detallar estos factores, en especial, aquellas alteraciones biomecánicas y neuromusculares asociadas a este tipo de lesión tan recurrente en féminas adolescentes.

## CLASIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO PARA LESIÓN DE RODILLA

- FACTORES DE RIESGO AMBIENTALES
- FACTORES DE RIESGO ANATÓMICOS
- FACTORES DE RIESGO HORMONALES
- FACTORES DE RIESGO NEUROMUSCULARES

### FACTORES DE RIESGO AMBIENTALES

Hacen referencia a aquellas condiciones de calzado, superficie de juego y condiciones atmosféricas que pueden poner en riesgo, en determinado momento la función de la rodilla (Boden, Griffin & Garret, 2000)

### FACTORES DE RIESGO ANATÓMICOS

Hacen alusión a aquellas características de alineación y estructura del miembro inferior que interactúan con la función dinámica del miembro inferior provocando una disminución en la estabilidad y deficiencia en función del mismo. (Hewett, Myer & Ford, 2006)

Los factores de riesgo anatómicos son:

- ***El ángulo Q o ángulo del cuádriceps pronunciado***
- ***El valgo de rodilla estático y dinámico***
- ***La hiperpronación del pie***
- ***El recurvatum de rodilla***
- ***La anteversión femoral***
- ***La posición pélvica***
- ***Deformidades en la torsión tibial***
- ***el tamaño de la escotadura intercondílea, la geometría y el tamaño del ligamento cruzado anterior***

## ANGULO "Q"

Representa el vector de tracción del músculo cuádriceps con respecto a la tibia a través de la inserción del tendón patelar, el cual, al estar más pronunciado en las mujeres puede provocar una alteración en la cinemática tibiofemoral y patelofemoral (Mizuno et al, 2001).

## VALGO DE RODILLA ESTÁTICO Y DINÁMICO

Provoca un malalineamiento y distribución alterada de las líneas de carga en el miembro inferior (Hewett et al, 2005).

## HIPERPRONACIÓN DEL PIE

Altera la dinámica de funcionamiento de la articulación subtalar produciendo una rotación inadecuada de la tibia que resulta en una transmisión anormal de fuerzas a las cadenas cinéticas superiores (Bonci, 1999).

## RECURVATUM DE RODILLA

Es considerado también un factor importante en la postura estática para lesión del cruzado anterior ya que tiene un efecto de precarga en el ligamento en mención, incrementando su tensión en las actividades dinámicas (Loudon, Jenkins & Loudon, 1996)

## ANTEVERSIÓN FEMORAL

Caracterizada por una rotación femoral interna excesiva, produce cambios compensatorios en la rotación de la extremidad inferior, predisponiendo a alteraciones en la función mecánica de la rodilla (Loudon et al, 1996)

## POSICIÓN PÉLVICA ANTEVERTIDA

Se ha relacionado significativamente con la incidencia de lesión del ligamento cruzado anterior, pues la flexión de la pelvis es compensada con una hiperextensión de rodilla (Loudon et al, 1996)

## DEFORMIDADES EN LA TORSIÓN TIBIAL

Esta deformación se puede apreciar con la medición del ángulo pie-pierna, está también asociada a lesiones de rodilla (Tillman et al, 2005)

## TAMAÑO DE LA ESCOTADURA INTERCONDÍLEA, LA GEOMETRÍA Y EL TAMAÑO DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

La forma y orientación de las fibras del ligamento cruzado anterior, al igual que su tamaño y la amplitud del surco natural de su camino hacia la inserción en tibia se han asociado con la probabilidad de ruptura de lesión del LCA (Harmon & Ireland, 2000)

## FACTORES DE RIESGO HORMONALES

Al parecer, las variaciones en los niveles de hormonas femeninas a través del ciclo menstrual pueden traer algún tipo de susceptibilidad para la lesión de rodilla en mujeres deportistas produciendo cambios cíclicos en la laxitud ligamentaria, llegándose a proponer la existencia de una predisposición de lesión en determinados días del ciclo menstrual. (Hewett, Zazulak & Myer, 2007)

## FACTORES DE RIESGO NEUROMUSCULARES

Los factores de riesgo neuromusculares se agrupan tradicionalmente en tres grandes grupos según (Griffin et al, 2006) :

- ***Aquellos relacionados con patrones de movimiento alterados***
- ***Patrones de activación muscular alterados***
- ***Inadecuada rigidez o estabilidad articular proporcionada por los músculos que rodean la articulación de la rodilla.***

## PATRONES ALTERADOS DE MOVIMIENTO

Los patrones de movimiento alterados están directamente relacionados con aquellas características anatómicas que se observan en reposo y que simplemente se observan ante el aumento de la carga por el movimiento propiamente dicho.

Especialmente, se han observado durante acciones deportivas que incluyen saltos, cambios de movimiento repentinos y acciones contra gravedad que necesitan la

estabilización inmediata articular. (Chappell, Kirkendall & Garret, 2002) (Olsen et al, 2004)

En el momento investigativo actual, se siguen evidenciando particularidades biomecánicas propias de las mujeres, especialmente adolescentes, que pueden provocar el colapso irreversible articular ante una situación de riesgo en actividades de salto, cambios de dirección y pivotes a rápida velocidad.

Estas anormalidades biomecánicas están ligadas a deficiencias en la activación muscular, el tiempo de generación de fuerza, la producción máxima de la misma y la rigidez que pueda aportar el sistema muscular.

## **PATRONES DE ACTIVACIÓN MUSCULAR**

### **Menor capacidad para producir fuerza:**

Las mujeres tienen menor desarrollo de fuerza y menos potencia muscular que los hombres.

Esta diferencia entre hombres y mujeres no puede ser explicada solamente por diferencias sexuales sino por la preparación deportiva misma en su volumen e intensidad (Hakkinen, 1991)

### **Contracción dominante del cuádriceps:**

Durante aterrizajes después de saltos y actividades de cambios de dirección rápidos se han advertido bajos niveles de actividad de los isquiotibiales comparado con la actividad del cuádriceps (Huston & Wojtys, 1996)

### **Dominancia ligamentaria:**

De acuerdo con Myer, Ford y Hewett (2004), una mujer identificada como dominante ligamentaria, presenta un movimiento notable de valgo de rodilla que puede ser identificado fácilmente con un test de caída controlada desde un step de 31 cms.

### **Dominancia del miembro inferior:**

Según Hewett, Myer y Ford (2001), la dominancia del miembro inferior es un desequilibrio entre la fuerza muscular y coordinación entre el miembro inferior dominante y el no dominante. Las mujeres muestran mejor coordinación y mayores niveles de fuerza en el miembro inferior dominante. Este tipo de desequilibrio muscular ha sido reportado en la literatura como posible causante de lesiones de rodilla.

### **Inadecuado stiffness muscular:**

De acuerdo con lo propuesto por Griffin y colaboradores (2006), el stiffness muscular se encuentra disminuido en las mujeres. La consecuencia de esto es una pobre estabilización articular

#### **Tiempos de activación muscular lentos:**

Huston y Wojtys (1996), constataron una respuesta de acción muscular mucho más lenta en las mujeres que en los hombres. Este hecho se relaciona positivamente con una limitada estabilización de la rodilla, lo que puede conducir a una facilitación de los mecanismos de lesión de la articulación.

#### **Orden de reclutamiento muscular alterado:**

Huston y Wojtys (1996), evidenciaron igualmente un patrón de reclutamiento en el que el cuádriceps se activaba primero en respuesta a una traslación anterior de la tibia

#### **Preactivación del cuádriceps:**

Hewett y colaboradores (2006) también han sugerido que las mujeres inmediatamente antes de caer de un salto, preactivan de manera preferente su músculo cuádriceps, contribuyendo al desequilibrio antes mencionado entre cuádriceps e isquiotibiales

#### **Decrecimiento propioceptivo:**

Hewett y colaboradores (2006), proponen que las mujeres exhiben menores niveles de control motor debido a que el sistema sensoriomotor posee deficiencias intrínsecas para lograr la estabilización dinámica articular. Por tanto, concluyen que este déficit sensoriomotor puede jugar un rol muy importante en los mecanismos de lesión del ligamento cruzado anterior

#### **Fatiga Muscular:**

Se ha propuesto que la fatiga muscular puede afectar la estabilidad dinámica de la rodilla alterando la respuesta neuromuscular a la traslación anterior de la tibia dado que la reacción muscular del gastrocnemio, isquiotibiales y cuádriceps muestran una respuesta mucho más lenta, e incluso, en algunos casos, desaparición de la misma (Wojtys, Wylie & Huston, 1996)

## **ALTERACIONES NEUROMUSCULARES EN EL SINDROME DE DOLOR PATELOFEMORAL**

El síndrome de dolor patelofemoral es un problema común que afecta tanto a la población atlética como a la población no atlética.

Es una de las quejas musculoesqueléticas más comunes en las mujeres que hacen ejercicio o deporte y se caracteriza por un dolor difuso en la región anterior de la rodilla que se agudiza ante actividades que exigen la articulación patelofemoral.

Las alteraciones neuromusculares reportadas en la literatura en el síndrome de dolor patelofemoral son:

**Debilidad del vasto medial oblicuo:**

Se ha referido que el VMO es incapaz de contrarrestar las fuerzas que ejerce el vasto lateral y, por tanto, la patela tiende a lateralizarse, produciendo roce entre las superficies articulares patelofemorales y la sensibilización de los nociceptores periféricos produciendo dolor. (Tang et al, 2001)

**Diferencias en el tiempo de activación entre el VMO y el VL**

Otro factor frecuentemente mencionado es la alteración en el tiempo de activación entre el VMO y el VL, sugiriéndose que el VL ha facilitado su acción, iniciando la misma mucho antes que el VMO. En este enfoque, lo que prima no es la fuerza de acción, es decir, no importa el fortalecimiento, lo que importa es lograr una velocidad de activación más rápida para el VMO que contrarreste la acción del VL. (Witvrow et al, 1996)

**Decrecimiento propioceptivo:**

Baker et al, (2002) encontraron que aquellos sujetos con dolor patelofemoral mostraban deficiencias al momento de identificar el cambio en la posición articular, no aclarándose si tal condición precedía o era producto de la condición patológica.

**Acortamiento del retináculo lateral, banda iliotibial, isquiotibiales y gastrocnemio:**

El acortamiento del retináculo lateral y la banda iliotibial hacen que la patela sufra excesiva fuerza lateral alterando el balance biomecánico del mecanismo extensor produciendo un desplazamiento lateral de la patela. De la misma manera, un acortamiento de isquiotibiales y gastrocnemio pueden provocar hiperpresión patelar lo que puede resultar en dolor patelofemoral. (Andrew, 2002)

**Debilidad del glúteo medio y máximo:**

El glúteo medio es un estabilizador dinámico de la pelvis durante acciones en cadena cinética cerrada, su debilidad estaría relacionada con la predisposición del miembro inferior a generar malalineaciones como rotación femoral interna, rotación tibial externa con relación al fémur e hiperpronación, circunstancias que en últimas ayudan a la lateralización patelar (Earl et al, 2005)

**Reducción de la fuerza de los abductores con respecto a los aductores:**

Jhon Hollman y colaboradores (2006) demostraron que en sujetos sanos, se producían mayores niveles de fuerza en los aductores con respecto a los abductores, hecho que se reflejaba en un incremento en la hiperpronación del pie, componente importante en la aparición de desórdenes patelofemorales.

## MEDICIÓN CLÍNICA DE LOS FACTORES DE RIESGO NEUROMUSCULARES

Debido a las limitantes para la adquisición de equipos electromiográficos de superficie, establiómetros, dinamómetros isocinéticos y equipos de evaluación cinemáticos, en nuestro medio, la identificación de los factores de riesgo neuromusculares puede llevarse a cabo a través de mediciones directas e indirectas, algunas con alto componente subjetivo pero que son de gran utilidad para el clínico.

Aunque por muchos son conocidas las mediciones anatómicas como el ángulo, Q, la anteversión femoral, la torsión tibial, las posiciones patelares, entre otras, poco se ha hecho en la evaluación de la función neuromuscular propiamente dicha.

A continuación se presentarán una serie de test clínicos de fácil aplicación y desarrollo dentro del ambiente de trabajo en el cual nos desempeñamos.

## TEST PARA EVALUAR LA DOMINANCIA LIGAMENTARIA

La evaluación inicial para identificar la dominancia ligamentaria puede ser llevada a cabo realizando un drop Jump usando un banco de 31 cm combinado con un máximo esfuerzo de salto vertical (Ford, 2003) (Myer, 2000).

Al aterrizar desde el banco, si se posee la dominancia ligamentaria, el atleta muestra un movimiento sustancial de orientación medial en su rodilla que puede ser identificado visualmente o a través de grabación digital cuadro a cuadro.

Este movimiento se relaciona con un valgo dinámico de rodilla: aducción femoral, rotación femoral interna en relación a la cadera, rotación tibial externa en relación al fémur con o sin hiperpronación.

El test drop jump con banco de 31 cms debe ser realizado tanto en vista frontal como lateral. La toma lateral es importante en el sentido del registro del ángulo de flexión de rodilla durante el aterrizaje.

Se conoce que ángulos pequeños de flexión de rodilla durante el aterrizaje predisponen a la atleta a un alto riesgo de lesión del ligamento cruzado anterior (Lloyd, 2001).



Por esta razón, la identificación del ángulo de flexión lateral a través de vista lateral debe ser incluida en el screening de identificación de factores de riesgo neuromusculares.

## TEST PARA IDENTIFICAR LA DOMINANCIA DEL CUÁDRICEPS

La dominancia del cuádriceps, aunque tradicionalmente se lleva a cabo en máquinas isocinéticas, también se puede realizar en máquinas isotónicas (leg-curl y leg-extension).

Si un atleta exhibe bajos niveles de fuerza de los isquiotibiales junto a altos niveles de fuerza del cuádriceps (Isquiotibiales/Cuadriceps ratio), se considera que el atleta posee una dominancia del cuádriceps.

Los ratio de H/Q menores del 55% en máquinas isocinéticas o menores a 50% en máquinas isotónicas demuestran una dominancia ligamentaria (Moss, 1993)

## TEST DE HOP AND HOLD PARA LA DOMINANCIA DEL CUÁDRICEPS

Si no hay disponibilidad de máquinas para realizar una evaluación objetiva, el atleta puede ser testado en su habilidad para saltar y sostener en un solo pie, luego del aterrizaje, una flexión profunda.

Para mantenerla postura erguida con flexiones de rodilla de 90 grados se requiere un mayor reclutamiento de los isquiotibiales que del cuádriceps (Caterisano, 2002). La inhabilidad para mantener dicha posición indica en alto grado una dominancia del cuádriceps.

## IDENTIFICACIÓN DE LA DOMINANCIA DEL MIEMBRO INFERIOR

Clásicamente, la evaluación de la dominancia lateral se realiza dejando al atleta patear un balón a su preferencia. Aquel miembro inferior elegido a voluntad es identificado como dominante.

Sin embargo, en la clínica interesa saber cuánta diferencia en fuerza existe entre ambos miembros inferiores, tanto para el grupo muscular del cuádriceps como de los isquiotibiales.

Esta evaluación puede ser realizada también en máquinas isotónicas expresando el ratio entre el miembro inferior no dominante sobre el dominante.

Una diferencia mayor al 20% entre ambos miembros indica un desequilibrio muscular que deja al atleta proclive a lesiones de rodilla.

## TRENDELEMBURG DINÁMICO

La evaluación de la condición del glúteo medio para estabilizar la pelvis se realiza mediante el test del trendelemburg dinámico. Cuando el atleta es incapaz de mantener la alineación del miembro inferior mientras realiza una flexión de cadera y rodilla en cadena cinética cerrada, se produce el patrón de “no retorno”, el cual debe ser modificado.

## RATIO ROTADORES INTERNOS/ROTADORES EXTERNOS DE CADERA

El contraste entre la fuerza de los rotadores internos de cadera y los rotadores externos de cadera también se puede llevar a cabo con el uso de máquinas isotónicas con cables en posición sentado o prono.

Un desequilibrio muscular importante entre estos dos grupos musculares está directamente relacionado con la pérdida de control en la alineación dinámica del miembro inferior.

Esta evaluación también se puede realizar sin máquinas con apreciación subjetiva del evaluador frente a resistencias manuales.

## TEST DE CALIDAD DEL MOVIMIENTO DURANTE EL STEP DOWN

La calidad del movimiento, frecuentemente referida como control neuromuscular o coordinación del movimiento, se expresa como la relación dinámica entre la biomecánica de las extremidades inferiores, columna y brazos con su entorno durante el ejercicio y el deporte (Grabiner, 1994)

Para realizar este test, se le pide al sujeto que ejecute un descenso de un step de 20 cms apoyado en un solo miembro inferior. El evaluador identifica y cuantifica si el sujeto utiliza compensaciones de brazos, columna, pelvis, rodilla y mantenimiento del equilibrio durante la maniobra (Piva, 2006)

## TEST DE BALANCE Y ALCANZAR (ESTRELLA)

Este test se realiza sobre una superficie con marcadores circulares de distancia. El sujeto, manteniéndose en equilibrio sobre un miembro inferior, trata de alcanzar con flexión de cadera y rodilla la máxima distancia con el talón del miembro inferior contralateral.

Las distancias alcanzadas en varios planos de movimiento, frontal, lateral y posterior, son marcadas y comparadas entre los miembros inferiores.

Si se pierde la alineación del miembro inferior de apoyo, el registro no es válido.

## HOP TEST Y HABILIDADES

El registro de distancias y tiempos realizados con hop test por distancia, triple hop test por distancia y carreras de habilidades también son de utilidad aunque no brindan información precisa de los desequilibrios musculares ipsilaterales.

Su utilidad básica radica en su funcionalidad y comparación entre miembro dominante y no dominante.

## BIBLIOGRAFÍA

AAGAARD, Per et al. (1998) "A new concept for isokinetic hamstring : quadriceps muscle strength ratio". *American Journal of Sports Medicine*, 26, 231-237

AHMAD, Christopher S. et al. (2006) "Effect of gender and maturity on quadriceps-to-hamstring strength ratio and anterior cruciate ligament laxity". *American Journal of Sports Medicine*, 34 (3), 370-374

ANDREW, N. (2002) "Diagnosis and rehabilitation for the knee pain syndromes". *Physical Medicine and Rehabilitation*, 16 (3), 460

ARENDT, Elizabeth A; AGEL, Julie y RANDALL, Dick. (1999) "Anterior cruciate ligament Injury patterns among collegiate men and women". *Journal of Athletic Training*, 34 (2) 86-92.

BAKER, Vanessa et al. (2002) "Abnormal knee joint position sense in individuals with patellofemoral pain syndrome. *Journal of Orthopaedic Research*, 20, 208-214

BESIER, T.F. et al. (2001) "Anticipatory effects on knee joint loading during running and cutting maneuvers". *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 1176-1181

BODEN, Barry P; GRIFFIN, Letha Y y GARRET, William E. Jr. (2000) "Etiology and prevention of noncontact ACL injury". *The Physician and Sportsmedicine*, 28 (4), 53-60

BOLGLA, Lori y MALONE, Terry. (2005) "Exercise prescription and patellofemoral pain: evidence for rehabilitation". *Journal of Sport Rehabilitation*, 14, 72-88

- BONCI, Christine M. (1999) "Assessment and evaluation of predisposing factors to anterior cruciate ligament injury". *Journal of Athletic Training*, 34 (2), 155-164
- BUCHANAN, Patricia A. y VARDAXIS, Vassilios G. (2003) "Sex related and age-related differences in knee strength of basketball players ages 11-17 years". *Journal of Athletic Training*, 38 (3), 231-237
- CATERISANO, A et al. (2002) "The effect of back squat depth on the EMG activity of 4 superficial hip and thigh muscles". *J. Strength Cond Res*. Vol 16, 428-432
- CHAPPELL, J.D; KIRKENDALL, Yu B. y GARRET, W.E. (2002) "A comparison of knee kinetics between male and female recreational athletes in stop-jump tasks". *American Journal of Sports Medicine*, 30, 261-267
- CLELAND, Josh y MCRAE, Meghann. (2002) "Patellofemoral pain syndrome: a critical analysis of current concepts". *Physical Therapy Review*, 7, 153-161
- DHYRE-POULSEN, Poul y KROGSGAARD, Michael R. (2000) "Muscular reflexes elicited by electrical stimulation of the anterior cruciate ligament in humans". *J. Apply Physiol*, 89, 2191-2195
- EARL, Jennifer E; HERTEL, Jay y DENEGAR, Craig R. (2005) "patterns of dynamic malalignment, muscle activation, joint motion, and patellofemoral pain syndrome". *J. Sport Rehabil*, 14, 215-233
- FLYNN, RK et al. (2005) "The familial predisposition toward tearing the anterior cruciate ligament: a case control study". *American Journal of Sports Medicine*, 33, 23-28.
- FORD, K.R. et al. (2003) "Gender differences in the kinematics of unanticipated cutting in young athletes". *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37, 124-129
- FORD, K.R; MYER, G.D y Hewett, T.E. (2003) "Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players". *Med Sci Sports Exerc*, Vol 35, 1745-1750
- GRABINER, M.D; KOH, T.J y DRAGANICH, L.F (1994) "Neuromechanics of the patellofemoral joint. *Med Sci Sports Exerc*. Vol 26, 10-21
- GRIFFIN, Letha Y et al. (2006) "Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries. A review of the Hunt Valley II Meeting, January 2005". *American Journal of Sports Medicine*, 34 (9), 1512-1532
- HAKKINEN, K. (1991) "Force production characteristics of leg extensor, trunk flexor and extensor muscles in male and female basketball players". *J. Sports Med Phys Fitness*, 31 (3), 325-331
- HARMON, Kimberly G y IRELAND, Mary Lloyd. (2000) "Gender differences in noncontact anterior cruciate ligament injuries". *Clinics in Sports Medicine*, 19 (2), 287-302
- HASS, Chris J. et al. (2005) "Knee biomechanics during landings: comparison of pre and postpubescent females". *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37 (1), 100-107
- HEWETT, Timothy E. et al. (1996) "Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques". *American Journal of Sports Medicine*, 24 (6), 765-773
- HEWETT, Timothy E. et al. (1999) "The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. *American Journal of Sports Medicine*, 27, 699-706
- HEWETT, Timothy E.; MYER, Gregory D. y FORD, Kevin R. (2001) "Prevention anterior cruciate ligament injuries". *Current Women's Health Reports*, 1, 218-224
- HEWETT, Timothy E.; MYER, Gregory D. y FORD, Kevin R. (2004) "Decrease in neuromuscular control about the knee with maturation in female athletes". *Journal of Bone and Joint Surgery (American)*, 86 (8), 1601-1608

HEWETT, Timothy E et al. (2005) "Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study". *American Journal of Sports Medicine*, 33, 492-501

HEWETT, Timothy E; MYER, Gregory D y FORD, Kevin R. (2006) "Anterior cruciate ligament injuries in females athletes. Part 1, mechanisms and risk factors". *American Journal of Sports Medicine*, 34 (2), 299-311

HEWETT, Timothy E. et al. (2006) "Preparticipation physical examination using a box drop vertical jump test in Young athletes". *Clin J. Sport Med*, 16 (4), 298-304

HEWETT, Timothy E; ZAZULAK, Bohdanna T y MYER, Gregory D. (2007) "Effects of the menstrual cycle on anterior cruciate ligament injury risk". *American Journal of Sports Medicine*, 35 (4), 659-668

HOLLMAN, Jhon H. et al. (2006) "Correlations between hip strenght and static foot and knee posture". *Journal of Sport Rehabilitation*, 15, 12-23

HUSTON, L.J y WOJTYS, E.M. (1996) "Neuromuscular performance characteristics in elite female athletes". *American Journal of Sports Medicine*, 24, 427-436

HUTCHINSON, M.R et IRELAND, ML. (1995) "Knee injuries in female athletes". *Sports Medicine*, 19 (4), 288-302.

IRELAND, Mary Lloyd. (2000) "Proprioception and neuromuscular control related to the female athlete". EN: LEPHART, Scott M y FU, Freddie H (Ed). *Proprioception and neuromuscular control in joint stability*. Human Kinetics, Champaign Illinois. 2000, pág 295

KRIVICKAS, Lisa S. et al. (2001) "Age and gender realted differences in máximum shortening velocity of skeletal muscle fibers". *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80, 447-455

LEPHART, Scott M. et al. (2005) "Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in high school athletes". *British Journal of Sports Medicine*, 39, 932-938

LIU, Stephen H. Et al. (1997) "Estrogen affects the celular metabolism of the anterior cruciate ligament. A potential explanation for female athletic injury". *American Journal of Sports Medicine*, 25 (5), 704-709.

LLOYD, David G y BUCHANAN, Thomas S. (2001) "Strategies of muscular support of varus and valgus isometric loads at the human knee". *Journal of Biomechanics*, 34 (10), 1257-1267

LLOYD, D.G (2001) "Rationale for training programs to reduce anterior cruciate ligament injuries in Australian football". *J. Orthop Sports Phys Ther*. Vol 31, 645-654

LOUDON, Janice K; JENKINS, Walter y LOUDON, Karen L. (1996) "The relationship between static posture and ACL injury in female athletes. *J. Orthop Sports Phys Ther*, 24 (2), 91-97

LOUDON, Janice Kaye et al. (2004) "The effectiveness of exercise in treating patellofemoral pain syndrome". *Journal of Sport Rehabilitation*, 13, 323-342

MASSIÓN, Jean. (2000) "Cerebro y motricidad. Funciones sensoriomotrices. Barcelona: INDE pág 27

MEHRSHEED, Sinaki et al. (2001) "Effect of gender, age and anthropometry on axial and apendicular muscle strenght". *American Journal of physical Medicine and Rehabilitation*, 80, 330-338

- MIZUNO, Y et al. (2001) "Q Angle influences tibiofemoral and patellofemoral kinematics". *Journal of Orthopaedic Research*, 19, 834-840
- MORE, R.C et al. (1993) "Hamstrings: an anterior cruciate ligament protagonist". *American Journal of Sports Medicine*, 21, 231-237
- MOSS, C.L y WRIGHT, P.T (1993) "Comparison of three methods of assessing muscle strength and imbalance ratios of the knee". *Journal of Athletic Training*. Vol 28, 55-58
- MYER, Gregory D; FORD, Kevin R. y HEWETT, Timothy E. (2004) "Rationale and clinical techniques for anterior cruciate ligament injury prevention among female athletes". *Journal of Athletic Training*, 39 (4), 352-364
- MYER, Gregory D. et al. (2006) "The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics". *American Journal of Sports Medicine*, 34 (3), 445-455
- MHYER, G.D; HEWETT, T.T y NOYES, F.R (2000) "The use of video analysis to identify athletes with increased valgus knee excursion: effects of gender and training". *Med Sci Sports Exerc*. Vol 32, S298
- NAJIBI, S y ALBRIGHT, J. P. (2005) "The use of knee braces, part 1: prophylactic knee braces in contact sports. *American Journal of Sports Medicine*, 33, 602-611
- OLSEN, O.E et al. (2004) "Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis". *American Journal of Sports Medicine*, 32, 1002-1012
- OSTERNING, Louis. (2000) "The role of coactivation and eccentric activity in the ACL injured knee". EN: LEPHART, Scott M y FU, Freddie H (Ed). *Proprioception and neuromuscular control in joint stability*. Human Kinetics, Champaign Illinois. 2000, pág 387
- POWELL, John W y BARBER-FOSS, Kim D. (2000) "Sex related injury patterns among selected high school sports". *American Journal of Sports Medicine*, 28, 385-391.
- QUATMAN, Carmen E. et al. (2006) "Maturation leads to gender differences in landing force and vertical jump". *American Journal of Sports Medicine*, 34 (5), 806-813
- ROZZI, Susan L.; LEPHART, Scott M. y FU, Freddie H. (1999) "Effects of muscular fatigue on knee joint laxity and neuromuscular characteristics of male and female athletes". *Journal of Athletic Training*, 34 (2), 106-114
- SELL, Timothy C. et al. (2006) "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". *American Journal of Sports Medicine*, 34 (1), 43-54
- TANG, Simon et al. (2001) "Vastus medialis obliquus and vastus lateralis activity in open and closed kinetic chain exercise in patients with patellofemoral pain syndrome: an electromyographic study". *Arch Phys Med Rehabil*, 82, 1441-1445
- TILLMAN, M. D. Et al. (2005) "Differences in lower extremity alignment between males and females. Potential predisposing factors for knee injury". *J. Sports Med Phys fitness*, 45, 355-359
- TUMIA, Nezar y MAFFULLI, Nicola. (2002) "Patellofemoral pain in female athletes". *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 10, 69-75.
- WILKERSON GARY B. et al. (2004) "Neuromuscular changes in female collegiate athletes resulting from a plyometric jump-training program". *Journal of Athletic Training*, 39 (1), 17-23
- WITVROW, Erik et al. (1996) "Reflex response times of vastus medialis oblique and vastus lateralis in normal subjects and in subjects with patellofemoral pain syndrome". *J. Orthop Sports Phys Ther*, 24 (3), 160-165

WOJTYS, E.M y HUSTON, L.J. (1994) "Neuromuscular performance in normal and anterior cruciate ligament-deficient lower extremities. American Journal of Sports Medicine, 22, 89-104

WOJTYS, Edward M.: WYLIE, Bradford B. y HUSTON, Laura J. (1996) "The effects of muscle fatigue on neuromuscular function and anterior tibial translation in healthy knees". American Journal of Sports Medicine, 24 (5), 615-621

WOJTYS, Edward M.; ASHTON-MILLER, James A. y HUSTON, Laura J. (2002) "A gender related difference in the contribution of the knee musculature to saggital-plane shear stiffness in subjects with similar knee laxity". Journal of Bone and Joint Surgery (American), 84, 10-16

WOJTYS, E.M et al. (2003) "Gender differences in muscular protection of the knee in torsion in size-matched athletes". Journal of Bone and Joint Surgery (American), 85, 782-789