Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud

Carrera de Lic. En Kinesiología y Fisiatría

Año 2026

Trabajo Final de Carrera (Tesis)

RELACIÓN ENTRE EL ÁNGULO DEL CUADRICEPS (Q) Y EL RIESGO DE LESIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR EN MUJERES DEPORTISTAS: UNA REVISIÓN NARRATIVA DE LA EVIDENCIA CIENTÍFICA

Alumno: *Fernandez Marvulli, Juan Ignacio*

JuanIgnacio.FernandezMarvulli@alumnos.uai.edu.ar

Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud Universidad Abierta Interamericana

Tutor: *Leoni, Carlos*

Carlos.Leoni@UAI.edu.ar

Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud Universidad Abierta Interamericana

RESUMEN:

Introducción: *Las lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) representan las patologías más frecuentes, complejas y limitantes del ámbito deportivo, principalmente en mujeres deportistas, esto se debe a diversos factores tales como anatómicos, biomecánicos, neuromusculares y hormonales que padecen. Dentro de estos factores, el ángulo Q, conformado por la intersección de las líneas del cuádriceps y del tendón rotuliano, cumple un rol fundamental, en la alineación de la rodilla y la distribución de las cargas junto a otras variables.* ***Objetivo:*** *El objetivo de este estudio es analizar la relación del ángulo Q y la incidencia de lesiones de LCA en deportistas femeninas, identificando los mecanismos de lesión y factores de riesgo.* ***Material y métodos:*** *Revisión bibliográfica sistémica, se utilizó las bases de datos de PubMed, Scopus, The Journal of Orthopaedic Research y British Journal of Sports Medicine se colocaron términos MeSH junto a otros operadores booleanos.* ***Resultados:*** *Un aumento del ángulo Q se asocia con un mayor valgo dinámico de rodilla y alteraciones en la distribución de las cargas. Esto se verá influenciado por la presencia de desequilibrios musculares, principalmente una disminución del índice isquiotibiales/cuádriceps, lo que favorece la traslación anterior de la tibia y aumenta el estrés en el LCA durante los gestos deportivos.* ***Conclusión:*** *El ángulo Q no es un factor aislado, sino que es multifactorial, debe evaluarse tanto el equilibrio muscular como el control neuromuscular para determinar la estabilidad en la articulación de la rodilla. Para la implementación de estrategias preventivas con el fin de disminuir el riesgo de lesión.*

Palabras claves: "Quadriceps Angle", "Anterior Cruciate Ligament", "Injury", "Q Angle", "Female Athletes"

INTRODUCCIÓN:

A nivel mundial, una de las afecciones con mayor incidencia en deportistas es la lesión del ligamento cruzado anterior (LCA), que produce un gran impacto funcional, psicológico y económico. En los últimos años, se llevaron a cabo múltiples estudios que destacan los factores anatómicos y biomecánicos, como la alineación del miembro inferior y la respuesta neuromuscular a demandas de altas intensidades y cómo pueden repercutir de manera significativa en la estabilidad de la rodilla y la tendencia a mayor riesgo de lesión. A su vez, señalan la importancia de la cinemática articular y de las fuerzas que actúan e intervienen sobre la articulación, durante el desarrollo de las actividades deportivas que involucran los gestos y acciones de juego sin contacto, de pívot, cambios de dirección y desaceleración (1). A nivel epidemiológico, las mujeres que realizan deportes como básquet, futbol y vóley que comprenden gestos como el aterrizaje post salto, cambios de dirección y desaceleraciones presentan entre 2 y 6 veces mayor probabilidad de riesgo de lesión del LCA, respecto con los hombres a pesar de llevar a cabo las mismas actividades deportivas y bajo las mismas condiciones y exigencias (2).

La rodilla es una de las articulaciones más complejas y expuestas a sufrir lesiones debido a las exigencias biomecánicas a las que está sometida. Se estima que las lesiones ligamentarias representan cerca del 40% de todas las lesiones de la rodilla (1). Los ligamentos que conforman la articulación son el ligamento colateral interno, el colateral externo y los cruzados anterior y posterior. El LCA es uno de los principales estabilizadores de la articulación y su función consiste en evitar el desplazamiento anterior de la tibia respecto del fémur, además de limitar los rangos de movimientos de rotación tibial (1). El mecanismo de lesión del LCA puede producirse por mecanismos directos, como impactos en hiperextensión o deformaciones en valgo, o bien por mecanismos indirectos, que constituyen la mayoría de los casos en mujeres deportistas. Estos últimos incluyen movimientos de desaceleración, cambios bruscos de dirección con el pie fijo al suelo, aterrizajes posteriores a un salto con escaso control neuromuscular, como también por un pívot, en el que el movimiento va a estar compuesto por una flexión lateral y una rotación de la rodilla provocando una traslación anterior de la tibia sobre el fémur. (1,2).

Los factores predisponentes que varían según el sexo pueden ser intrínsecos que son aquellos que no pueden controlarse, tales como, la alineación, la laxitud ligamentaria, el tamaño de ese LCA, la forma de la escotadura intercondílea (disminución en el ancho), el aumento del ángulo del cuádriceps (Q), el aumento de la pendiente posterior de la tibia y del menisco, y las influencias hormonales (1,2). En cuanto a los factores hormonales en las mujeres, se dan debido a que cuando la misma se encuentra en la fase preovulatoria del ciclo menstrual tiene de dos a tres veces mayor incidencia de riesgo de lesiones, a diferencia de otras etapas del ciclo . Esto se explica dado que durante dicha etapa, las altas concentraciones de estrógenos, como el estradiol, afectan la estructura y composición del ligamento desencadenando una alteración en la función mecánica (3,4).

Por otra parte, los factores extrínsecos predisponentes de riesgo son aquellos que pueden controlarse como la fuerza de los músculos que actúan y dan estabilidad a la articulación (especialmente la diferencia entre agonistas y antagonistas de cuádriceps con respecto a los isquiotibiales, que se encuentran más debilitados). Las roturas del LCA se asocian con un desequilibrio de la musculatura extensora de los cuádriceps y la flexora de los isquiotibiales. Por lo tanto, si los isquiotibiales están disminuidos, dará un índice bajo de H/Q (hamstring/quadriceps). Si el índice es menor a su punto de corte, que es 0,6, lo afectará considerablemente y pondrá en riesgo ese ligamento cruzado anterior (3,5). A su vez, una mayor flexibilidad de los isquiotibiales puede provocar una alteración y disminuir el control dinámico de la rodilla que afectará al LCA (6).

Así mismo, otros factores que están vinculados con antecedentes en lesiones de ligamentos cruzados anteriores son la disminución de la flexibilidad de la banda iliotibial, un mayor genu recurvatum y una mayor laxitud articular generalizada (7). A su vez, también tenemos otros factores extrínsecos como la influencia del ángulo de abducción de la rodilla y como este al estar aumentado repercutirá en un cambio de dirección o mismo al aterrizar post salto, la propiocepción, el calzado, los patrones de activación neuromuscular y la técnica o gesto adquirido durante la actividad (1,2).

El ángulo Q representa el vector de la fuerza resultante de los cuádriceps y los tendones rotulianos que actúan sobre la rótula. Se lo define como el ángulo entre la línea trazada desde la espina iliaca anterosuperior (EIAS) y la línea desde la rótula hacia la tuberosidad anterior de la tibia o tuberosidad tibial (TAT). En hombres, los grados varían de 10° - 15° con respecto a las mujeres de 15° - 20° (1), siendo en promedio de 2,7° a 5,8° mayor en supino y de 3,4° a 4,9° en bipedestación (6). Esto se fundamenta dado que en la morfología del sexo femenino se caracteriza por una pelvis más ancha, una longitud del fémur menor y una colocación lateral de la tuberosidad de la tibia (TAT) con respecto al masculino (6). Tal es así que el estudio realizado por Hikawa, consiste en analizar la altura y asimetría del ángulo Q en 11.616 deportistas. Demostró una prevalencia significativa de ángulos Q altos en las atletas femeninas del 13,2%, a diferencia del 4,2% en los masculinos, y una mayor tasa de asimetría en mujeres de 27,9% en relación con los hombres de 22,7%. (9). Además, dicho ángulo se verá influenciado por las diferentes razas como, por ejemplo, en el caso de las mujeres nigerianas presentan en la rodilla izquierda un rango de 16,3°- 25,5°, a diferencia de la derecha, la cual tiene un rango de 16,2°- 25,8°. Mientras que, en la India en la población femenina, los estudios destacan que no se observan diferencias bilaterales en los valores medios del ángulo Q, y su valor en ambos lados fue de 14,48° (10,11).

La medición del ángulo del cuádriceps puede realizarse tanto de forma estática como dinámica. En el caso del ángulo Q estático, el paciente debe estar en decúbito supino, los miembros inferiores bien extendidos y relajados, principalmente la musculatura del cuádriceps, junto a una posición de rotación neutra de los pies. Para comenzar con la medición, es fundamental palpar los bordes y asegurarse de colocar el goniómetro en los puntos de referencia óseos como la EIAS, el centro de la rótula y la TAT, determinada por la intersección de los diámetros vertical y transversal rotulianos. Se traza una línea desde el centro de la rótula hacia la TAT y otra hacia la EIAS. Para luego partir desde la TAT hacia arriba paralela a la EIAS generando así el ángulo del cuádriceps (11). En cuanto al ángulo Q dinámico, se evalúa a través de la flexión de la rodilla ya sea con o sin actividad muscular, lo cual brinda información sobre la estabilidad articular en movimiento (8).

JUSTIFICACION:

En la actualidad, las lesiones de los ligamentos cruzados anteriores (LCA) representan una de las problemáticas más frecuentes, complejas y extensas en el ámbito deportivo tanto en sexo masculino como en el femenino, generando un impacto significativo en el atleta en rasgos generales como la salud, el económico, el rendimiento y la carrera profesional. Diversos estudios demostraron que las mujeres deportistas no se encuentran en las mismas condiciones que los hombres por más que realicen los mismos deportes, ya que tienen una mayor incidencia de lesiones en comparación con sus pares, bajo las mismas condiciones y exigencias. Esta investigación se llevó a cabo debido a que provocó un gran interés en comprender cuáles son las causas o factores que perjudican a las deportistas femeninas en igualdad de condiciones en un deporte entre ambos sexos. Entre los

factores predisponentes a la lesión, el ángulo Q es el principal factor desencadenante biomecánico, además de un valgo dinámico de rodilla. A su vez, otro factor destacado es el rol fundamental de las influencias a nivel hormonal y cómo estas influyen en las deportistas. Esta revisión se centra en identificar los factores de riesgo de lesión del LCA, con el fin de, a futuro, en próximas investigaciones favorecer una buena planificación para la prevención de esta patología.

OBJETIVOS

Objetivo general:

- Analizar la relación entre el ángulo del cuádriceps (Q) y otras variables biomecánicas asociadas a la producción de lesión del LCA en mujeres deportistas.

Objetivos específicos:

- Describir los patrones de activación muscular y el rol que cumple el control neuromuscular en mujeres deportistas que presentan un ángulo del cuádriceps aumentado.
- Explorar la evidencia científica y describir cómo otros factores biomecánicos, como el índice de fuerza H/Q (isquiotibiales/cuádriceps), interactúan con el ángulo Q en la predisposición a la lesión del LCA en mujeres deportistas.

METODOLOGIA:

Tipo de estudio:

El presente trabajo corresponde a una revisión bibliográfica de tipo narrativa centrada en la relación entre el ángulo del cuádriceps y otras variables biomecánicas que aumentan el riesgo de lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) en mujeres.

Para la realización de dicho trabajo, se realizó una búsqueda de artículos científicos en las bases de datos de PubMed y Scopus. La búsqueda se llevó a cabo entre los meses de Mayo a Septiembre del año 2025.

Diseño de estudio:

El presente estudio corresponde a una revisión bibliográfica narrativa. Este diseño permite recopilar, analizar, identificar y describir la evidencia científica existente sobre la relación del ángulo del cuádriceps y otros factores biomecánicos que inciden en el riesgo de lesión del LCA en deportistas mujeres. Con el fin de integrar y describir en base a la información recolectada un conocimiento actualizado del ángulo Q como factor predisponente de riesgo.

CRITERIOS DE SELECCIÓN:

Criterios de inclusión:

- Estudios que analicen el ángulo Q y su relación con las lesiones del LCA o alteraciones en la articulación de la rodilla de mujeres deportistas.
- Las investigaciones deben ser con población de mujeres deportistas

- Artículos de cohorte, ensayos clínicos aleatorizados, de laboratorio y descriptivos
- Estudios en idioma inglés o español.

Criterios de exclusión:

- Publicaciones duplicadas
- Artículos que no estén el texto completo

ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA:

Para la búsqueda bibliográfica se realizó centrándose como principal buscador en PubMed, utilizando páginas complementarias como British Journal of Sports Medicine, The Journal of Orthopaedic Research y Revistas de rehabilitación deportiva. Para llevar a cabo la búsqueda en PubMed se utilizó el generador de búsquedas, en el cual se colocaron palabras claves junto con términos MESH combinando ambos con el operador booleano "AND", además se utilizan filtros específicos de búsqueda.

Las palabras claves utilizadas fueron: "Quadriceps Angle", "Anterior Cruciate Ligament", "Injury", "Q Angle", las cuales se conectaron a través del booleano "AND".

Los términos MESH utilizados fueron. "Anterior Cruciate Ligament", "Q Angle", "Anterior Cruciate Ligament Injuries", "Q Angle Injuries", "Q Angle Female Athletes," "Quadriceps Angle injuries."

Se inició la búsqueda en la plataforma PubMed basándose en las palabras clave junto a los términos MESH ya mencionados. En donde se aplicaron diversos filtros tales como "Free full text", "Full Text", "Review" y "Results by Year 2018-2025". Todos los filtros aplicados fueron con el objetivo tal de que se centren en el tema y que sean los más actualizados posibles. Esta búsqueda arrojo 86 resultados, de los cuales 18 cumplieron con los criterios establecidos

Además, se realizó la búsqueda en la plataforma Scopus, donde arrojó 32 resultados, de los cuales 10 cumplían con los criterios. Posteriormente, se complementó con la herramienta de búsqueda Connected papers, con el fin de buscar artículos similares sobre el tema.

Proceso de selección de búsqueda:

Realizada la búsqueda en las diferentes bases de datos, se llevó a cabo de manera progresiva la selección de los artículos mediante la lectura de títulos, resúmenes y textos completos. En total se identificaron 86 artículos entre las bases de datos. De ellos, se descartaron 55 por encontrarse duplicados y por no cumplir con los criterios de inclusión tras la lectura del título y del resumen. Finalmente, se seleccionaron 14 artículos junto a otros 3 que fueron recopilados de la herramienta Connected papers. Dando un total de 17 artículos que constituyeron la base del análisis y la redacción de los resultados de la presente revisión narrativa.

BASE DE DATOS	ESTRATEGIA DE BUSQUEDA	RESULTADOS
PubMed	"Quadriceps angle" AND ("Anterior Cruciate Ligament injuries" OR "ACL injury")	34

	(“Q angle” OR “Quadriceps angle”) AND (“female athletes”)	26
	“Quadriceps angle” AND “Knee injuries” AND “female athletes”	17
	(“Q angle” OR “Quadriceps angle”) AND (“Anterior Cruciate Ligament” OR “ACL injury”)	9
Scopus	(“Q angle” OR “Quadriceps angle”) AND “ACL injury” AND “female athletes”)	32

Tabla 1. Estrategia de Búsqueda

RESULTADOS:

La revisión narrativa de la evidencia científica disponible permitió identificar la relación entre el ángulo Q y otras variables biomecánicas asociadas a la producción de lesión del LCA, junto con la importancia del rol del control neuromuscular en mujeres.

Angulo Q y otras variables biomecánicas asociadas a la lesión del LCA

En los estudios realizados en jugadoras de futbol, no se encontró al ángulo Q como factor predisponente, a diferencia de otros factores o variables como asimetrías musculares (índice de H/Q), el valgo dinámico favorecido u ocasionado por la hiperextensión de la rodilla y desequilibrios musculares (banda iliotibial). Lo que podría explicar como el ángulo Q interactúa con otras variables biomecánicas que predisponen una mayor probabilidad de lesión ligamentaria durante actividades dinámicas u explosivas (13,14). La hiperextensión de rodilla o genu recurvatum se asocia a lesiones del LCA dado que si la fuerza es grande provocara una sobrecarga de las fibras que impiden la extensión de la pierna y desencadenara en una distensión o ruptura (13).

Patrones de activación muscular y el rol del control neuromuscular en mujeres deportistas que presentan un ángulo del cuádriceps aumentado.

Según el estudio, un ángulo Q aumentado afecta el rendimiento en el deportista dado que repercute en la aplicación de su fuerza muscular. El cuádriceps produce mayor fuerza lateral que fuerza extensora, lo que explica una menor fuerza en la extensión de la pierna, además de una menor fuerza a diferencia de personas con un ángulo del cuádriceps menor (14)

Los programas de adaptaciones neuromusculares donde se destaca el rol del control neuromuscular a partir de patrones y estrategias de reclutamiento muscular para disminuir el torque articular y proteger el LCA de cargas. Los resultados del estudio sugieren que un enfoque neuromuscular más proximal, orientado a la cadera, el momento extensor de la cadera mejoran la estabilización activa de la rodilla durante la actividad de forma más efectiva que abordando directamente la atención sobre la rodilla. El grupo con

biorretroalimentación enfocado en la cadera logro reducciones significativas del momento de abducción de rodilla durante el corte lateral inesperado (15). Los estudios demuestran que un óptimo control neuromuscular es fundamental durante actividades de alta carga para mantener la estabilidad dinámica de la rodilla en acciones de aterrizaje y pívots. Ya que una alteración de este control neuromuscular ocasionado por un aumento del movimiento de abducción de la rodilla, aumento de la laxitud articular y la estabilidad pasiva desestabilizarán la rodilla y serán factores de riesgo para lesiones de LCA. Esto explica cómo una co-contracción de la musculatura de los isquiotibiales y cuádriceps brindara una mayor estabilidad a nivel estática y dinámica en la región de la rodilla durante los gestos u acciones de juego (16). Dado que, como refleja este estudio, un patrón de activación muscular de una dominancia del cuádriceps por sobre una activación insuficiente de los isquiotibiales, lo que deriva en una disminución del índice de H/Q y un control neuromuscular afectado que conlleva una menor capacidad de la musculatura isquiotibial para proteger al LCA frente a fuerzas de traslación anterior de la tibia durante las acciones de aterrizaje (17).

Interacción del Índice de fuerza H/Q (isquiotibiales/cuádriceps) con el ángulo Q en la predisposición a la lesión del LCA en mujeres deportistas.

Los estudios demuestran cómo una hiperextensión de rodilla se asocia con una menor fuerza y proporción de las fibras de los isquiotibiales. Esto sugiere que una mayor flexibilidad del músculo por encima de los niveles normales no solo comprometerá la función protectora pasiva de los isquiotibiales sobre el LCA, sino que, a su vez, desencadenará una mayor laxitud de la rodilla provocando una alteración en la estabilidad y posible riesgo de lesión de LCA, debido a que se consideran factores intrínsecos. Una hiperextensión de rodilla aumenta la probabilidad de lesión del ligamento cruzado anterior cinco veces más (13).

En deportistas que presentan una disminución de la fuerza de los isquiotibiales, pero no una fuerza disminuida del cuádriceps similar, posteriormente presentaron una lesión del LCA. A diferencia de las atletas femeninas que no sufrieron una lesión y su fuerza de cuádriceps se encuentra disminuida mientras que los isquiotibiales no se ven afectados. Por lo tanto, se considera que una disminución de la fuerza de los isquiotibiales y las proporciones H/Q estén asociados con el desarrollo de desequilibrios neuromusculares en el inicio de la etapa de maduración. Como indican los resultados en atletas puberes y postpuberes posteriormente lesionados de LCA (16).

Tabla de extracción detallada por estudio

Titulo	Autor y Año	Objetivo	Resultados	Conclusión
Assessment of Increased Quadriceps Angle as a Risk Factor for Anterior Cruciate Ligament Injury	Koyejo et al., 2025	Evaluar el Angulo Q si es un factor de riesgo de LCA	Diferencias significativas entre Angulo Q y lesión del LCA	Personas con lesión del LCA tienen mayor ángulo Q que aquellos sin lesión.
Anterior cruciate ligament injury in female athletes: epidemiology	Ireland 1999	Analizar la epidemiologia del LCA en mujeres	Mujeres presentan 2-6 veces mayor riesgo de lesión que hombres	El mayor riesgo de lesión femenino se debe a factores anatómicos y biomecánicos.
Differences in strength, muscle work, and hamstring/quadriceps ratio in professional and junior elite basketball players according to sex	Coto M. et al., 2025	Determinar diferencias en la fuerza de la musculatura y la relación H/Q	Mujeres presentan una menor relación H/Q	Desequilibrio de la musculatura aumenta el riesgo de lesión de LCA
The relationship between menstrual cycle phase and anterior cruciate ligament injury: a case-control study of recreational alpine skiers.	Beynnon BD. et al., 2006	Analizar la relación entre el ciclo menstrual y la lesión del LCA	Mayor incidencia de lesión en fase preovulatoria	La influencia hormonal altera la estabilidad ligamentaria
Risk factors associated with non-contact anterior cruciate ligament injury: a systematic review.	Pfeifer CE. Et al., 2018	Identificar factores de riesgo sin contacto	Factores como disminución de la escotadura intercondílea, aumento de la pendiente de la meseta tibial lateral o posterior, disminución de la fuerza central y de la cadera.	Mejorar los factores modificables reduce la incidencia del LCA
Sex specific considerations in anterior cruciate ligament injuries in the female athlete	Gianakos AL. et al., 2024	Analizar los factores predisponentes específicos en mujeres deportistas	Interacción de los factores hormonales, anatómicos, biomecánicos y neuromusculares	Las mayores tasas se deben a factores anatómicos, hormonales, biomecánicos, neuromusculares y ambientales
Factors associated with anterior cruciate ligament injury: history in female athletes	Kramer LC et al., 2007	Evaluar los factores de riesgo	Los factores más asociados con el antecedente de lesión del LCA como laxitud, genu recurvatum, etc.	Factores previos que influyen y generan riesgo de lesión
Clinical significance of the static and dynamic Q-angle.	Skouras AZ et al., 2022	Analizar y destacar la relevancia clínica del ángulo Q	Diferencias entre la medición estática y dinámica.	La evaluación dinámica aporta mayor valoración funcional.
Features of elite athletes' high and asymmetric quadriceps angles: a cross-sectional study.	Hikawa K et al., 2025	Analizar la prevalencia y las asimetrías del ángulo Q	En mujeres destacan mayor prevalencia de ángulo Q alto.	Las deportistas presentan mayor predisposición anatómica en ángulos Q elevados
Normal Q-angle in an adult Nigerian population.	Omololu B et al., 2009	Determinar los valores normales de ángulo Q	Rango en mujeres mayor que en los hombres	Las diferencias entre las razas influyen en la alineación
Bilateral variability of the quadriceps angle (Q angle) in an adult Indian population.	Raveendranath V et al., 2011	Evaluar la variabilidad bilateral	Hay diferencias bilaterales, pero no son significativas. Los hombres presentan mayor diferencia que las mujeres.	Angulo Q presenta variabilidad poblacional
The quadriceps angle: a review of the literature.	Livingston LA. 1998	Examinar las diferencias entre los ángulos Q	Angulo Q influye en la alineación patelofemoral	Alteraciones pueden provocar disfunción biomecánica
Knee mechanics, strength and flexibility: assessing injury risk in female adolescent soccer players	Parpa K et al., 2025	Relación entre ángulo Q, la hiperextensión de rodilla, la flexibilidad, los perfiles de fuerza y la aparición de lesiones	La hiperextensión y la debilidad isquiotibial asociada a riesgo de lesión.	Una alteración de las asimetrías e hiperextensión de rodilla aumentan las probabilidades de lesión de LCA
Impact of the quadriceps angle on health and injury risk in female athletes.	Gant H et al., 2024	Analizar el rol del ángulo Q en la biomecánica, el efecto en el rendimiento y el riesgo de lesión.	Un aumento del ángulo Q se asocia con alteraciones funcionales	El ángulo Q asociado con alteraciones biomecánicas en la alineación y distribución de las cargas de la rodilla incrementan el riesgo de LCA

Outcomes of a randomized controlled trial of neuromuscular training with real-time biofeedback in young female athletes.	Ford KR et al., 2025	Evaluar efecto entrenamiento neuromuscular	Disminución del momento de abducción de rodilla (KAM)	Mejoras significativas en el KAM durante un aterrizaje con ambas piernas,
The relationship of hamstrings and quadriceps strength to anterior cruciate ligament injury in female athletes.	Myer GD et al., 2009	Analizar la relación H/Q	Una disminución de la fuerza isquiotibial asociada a la lesión LCA	Una relación H/Q menor es un factor de riesgo
Effect of drop height on lower extremity biomechanical measures in female athletes.	Ford KR et al., 2008	Identificar alteraciones en momentos articulares y los patrones de activación muscular durante el aterrizaje y el despegue a alturas de caída.	Durante el aterrizaje, la activación del cuádriceps aumento, pero no la de los isquiotibiales	La ausencia de un aumento de la activación de los isquiotibiales

DISCUSIÓN:

Esta investigación se llevó a cabo con el objetivo de analizar la relación entre el ángulo Q y otras variables biomecánicas que predisponen a la lesión del ligamento cruzado anterior como factores biomecánicos y neuromusculares. Los artículos científicos resaltan que un aumento del ángulo Q se asocia con un mayor riesgo de lesión del LCA, como un conjunto de factores anatómicos y biomecánicos y no solo un único factor predisponente de lesión (1).

Diferentes estudios destacan que un ángulo Q aumentado tiene mayor impacto y relevancia que el ángulo Q disminuido dado que está vinculado con alteraciones a nivel global de la cadena cinética y en la alineación del miembro inferior, lo que conllevará a patrones de movimiento en valgo de rodilla y laxitud articular durante las actividades dinámicas como aterrizajes, pívots, cambios de dirección o desaceleraciones. Dichas alteraciones biomecánicas aumentan las cargas articulares, lo que provocará un colapso medial durante las cargas sobre la articulación de la rodilla incrementando así el estrés mecánico sobre el ligamento, principalmente durante las actividades de alta exigencia física en el deporte (7,8,9)

Estudios recientes han resaltado cómo las mujeres presentan una incidencia mayor que los hombres en lesiones del LCA, las cuales se deben a un conjunto de diversos factores anatómicos, biomecánicos, hormonales y neuromusculares, dentro de ellos se destaca el aumento del ángulo Q (3). Si bien no es el único factor, se asocia con otros factores como el control neuromuscular, la fuerza muscular, lo que generan e incrementan una mayor predisposición a la lesión (5,6,7).

El factor neuromuscular y la relación de fuerza de los isquiotibiales y cuádriceps pueden desencadenar un aumento de riesgo de lesión ya que una combinación con una alineación alterada como un ángulo Q aumentado y un valgo dinámico generan una mayor incidencia en el LCA en las deportistas (3).

LIMITACIONES:

Las limitaciones que presenta dicho estudio son la falta de investigaciones longitudinales que vinculen la relación del ángulo Q con otros factores y con las estrategias preventivas

para evitar lesiones del LCA en deportistas femeninas. A su vez, la mayoría de los estudios evalúan el ángulo Q en situaciones o condiciones estáticas, mientras que el LCA se lesiona principalmente en situaciones dinámicas de alta demanda física como lo son las acciones de juego, cambios de dirección, pívots y aterrizajes.

Además, este trabajo, si bien analiza el ángulo Q y algunos factores anatómicos, biomecánicos y neuromusculares, no abarca otros factores relevantes, como los hormonales y sus antecedentes lesionales, que pueden ser considerados en la aparición de la lesión.

CONCLUSIÓN:

El ángulo del cuádriceps no es un factor único predisponente, si bien es un factor con alta incidencia, es un conjunto de factores anatómicos y biomecánicos que se asocian y producen un alto riesgo de lesión del LCA en deportistas femeninas. Esto se explica en asimetrías musculares como desequilibrios de los isquiotibiales y cuádriceps, una relación del índice H/Q disminuida, junto a un valgo dinámico de rodilla por una hiperextensión de la rodilla, una disminución de la flexibilidad de la banda iliotibial generando una mayor tensión y una tracción lateral que aumentara la flexión. Potenciando y generando así el estrés mecánico que sufrirá ese LCA y la alteración de la estabilidad de la rodilla.

Un ángulo Q aumentado, además de predisponer a la lesión del LCA, puede provocar otras patologías como una luxación rotuliana, inestabilidad rotuliana, síndrome femoropatelar en la articulación de la rodilla. Mientras que, en la articulación del tobillo, desencadenará una sobrepronación del tobillo alterando así las estructuras que componen la articulación subastragalina generando tensión en el ligamento lateral que une el maléolo externo y el astrágalo a diferencia del ligamento medial que permanecerá laxo.

Es fundamental a la hora de abordar un deportista, una evaluación estática y dinámica del ángulo Q, la fuerza muscular y el control neuromuscular. Para que posteriormente se lleve a cabo un programa de entrenamiento neuromuscular, centrándose en la implementación del fortalecimiento neuromuscular, el control neuromuscular y los patrones biomecánicos alterados con el fin de prevenir y reducir factores de riesgo de LCA y otras posibles patologías que se pueden desencadenar en la articulación en mujeres deportistas.

BIBLIOGRAFÍA:

1 Koyejo TT, Babalola OR, Itakpe SE, Alatishe KA, Maleeq RO, Akor CO, et al. Assessment of increased quadriceps angle as a risk factor for anterior cruciate ligament injury. J West Afr Coll Surg. 2025;15(2):152–9.

2 Ireland ML. Anterior cruciate ligament injury in female athletes: epidemiology. J Athl Train. 1999;34(2):150–4.

3 Coto Martín R, Pérez Mallada N, Martínez Beltrán MJ, Cuéllar Marín L, Borrás Luján PJ, Arroyo OO, et al. Differences in strength, muscle work, and hamstring/quadriceps ratio in professional and junior

elite basketball players according to sex. J Funct Morphol Kinesiol. 2025;10(2):204.

4 Beynnon BD, Johnson RJ, Braun S, Sargent M, Bernstein I, Skelly JM, et al. The relationship between menstrual cycle phase and anterior cruciate ligament injury: a case-control study of recreational alpine skiers. Am J Sports Med. 2006;34(5):757–64.

5 Pfeifer CE, Beattie PF, Sacko RS, Hand A. Risk factors associated with non-contact anterior cruciate ligament injury: a systematic review. Int J Sports Phys Ther. 2018;13(4):575–87.

6 Gianakos AL, Arias C, Batailler C, Servien E, Mulcahey MK. Sex specific considerations in anterior cruciate ligament injuries in the female athlete: state of the art. J ISAKOS. 2024;9(6):100325. doi:10.1016/j.jisako.2024.100325

7 Kramer LC, Denegar CR, Buckley WE, Hertel J. Factors associated with anterior cruciate ligament injury: history in female athletes. J Sports Med Phys Fitness. 2007;47(4):446–54.

8 Skouras AZ, Kanellopoulos AK, Stasi S, Triantafyllou A, Koulouvaris P, Papagiannis G, et al. Clinical significance of the static and dynamic Q-angle. Cureus. 2022;14(5): e31258.

9 Hikawa K, Shimizu R, Takahashi S. Features of elite athletes' high and asymmetric quadriceps angles: a cross-sectional study. Health Sci Rep. 2025;8(6):e70909.

10 Omololu B, Ogunlade OS, Gopaldasani VK. Normal Q-angle in an adult Nigerian population. Clin Orthop Relat Res. 2009;467(8):2073–6.

11 Raveendranath V, Nachiket S, Sujatha N, Priya R, Rema D. Bilateral variability of the quadriceps angle (Q angle) in an adult Indian population. Iran J Basic Med Sci. 2011;14(5):490–5.

12 Livingston LA. The quadriceps angle: a review of the literature. J Orthop Sports Phys Ther. 1998;28(2):105–9.

13 Parpa K, Michaelides M. Knee mechanics, strength and flexibility: assessing injury risk in female adolescent soccer players. J Funct Morphol Kinesiol. 2025;10(1):77. doi:10.3390/jmfk10010077

14 Gant H, Ghimire N, Min K, Musa I, Ashraf M, Lawan A. Impact of the quadriceps angle on health and injury risk in female athletes. Int J Environ Res Public Health. 2024;21(12):1547. doi:10.3390/ijerph21121547

15 Ford KR, Taylor JB, Westbrook AE, Paterno MV, Huang B, Nguyen AD. Outcomes of a randomized controlled trial of neuromuscular training with real-time biofeedback in young female athletes. BMC Musculoskelet Disord. 2025;26(1):366. doi:10.1186/s12891-025-08647-3

16 Myer GD, Ford KR, Barber Foss KD, Liu C, Nick TG, Hewett TE. The relationship of hamstrings and quadriceps strength to anterior cruciate ligament injury in female athletes. Clin J Sport Med. 2009;19(1):3–8. doi:10.1097/JSM.0b013e318190bddb

17 Ford KR, Myer GD, Schmitt LC, van den Bogert AJ, Hewett TE. Effect of drop height on lower extremity biomechanical measures in female athletes. Med Sci Sports Exerc. 2008;40(10):1855–1862. doi:10.1249/MSS.0b013e31817e2b5e