

**INSTITUTO UNIVERSITARIO ASOCIACIÓN CRISTIANA DE JÓVENES
LICENCIATURA EN EDUCACIÓN FÍSICA, RECREACIÓN Y DEPORTE**

**ANÁLISIS EN LA ASIMETRÍA ENTRE EL ÁNGULO
Q DINÁMICO DE RODILLA EN LOS MIEMBROS
INFERIORES DURANTE SALTOS UNIPODALES EN
HOMBRES FUTBOLISTAS DE LA LIGA
UNIVERSITARIA DE DEPORTES.**

Trabajo Final de Grado presentado
al Instituto Universitario Asociación
Cristiana de Jóvenes, como parte
de los requisitos para la obtención
del Diploma de Graduación en la
Licenciatura en Educación Física,
Recreación y Deporte.

Tutor: Sergio Gustavo Bermúdez

AGUSTÍN PEREYRA

SEBASTIÁN SOSA

MONTEVIDEO

2019

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
MARCO TEÓRICO	4
Ángulo Q.....	4
Asimetría.....	4
Lesión	5
Factores de riesgo.....	5
Counter movement jump (CMJ).....	6
METODOLOGÍA	7
DISCUSIÓN	14
CONCLUSIONES	18
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
ANEXOS	2
ANEXO 1	I
ANEXO 2	II
ANEXO 3	III
ANEXO 4	IV

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2. Trayectoria trazada.....	8
Ilustración 1. Marcadores anatómicos.....	8
Ilustración 3. Gráfico ángulo Q con Velocidad angular y los 4 momentos del salto.	9
Ilustración 4. Medias para las variables cinemáticas durante el salto para la pierna derecha.....	11
Ilustración 5. Medias para las variables cinemáticas durante el salto para la pierna izquierda.	12

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valores medios y desvío estándar de los ángulos Q para los momentos del CMJ.....	10
Tabla 2. T-Student para muestras emparejadas para variables cinemáticas durante las fases del salto.....	11
Tabla 3. Medias para las variables cinemáticas durante el salto para la pierna derecha.....	11
Tabla 4. Medias para las variables cinemáticas durante el salto para la pierna izquierda.....	12

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Los abajo firmantes Agustín Pereyra y Sebastián Sosa, somos los autores y los responsables de todos los contenidos y de las opiniones expresadas en este documento, que no necesariamente son compartidas con el Instituto Universitario Asociación Cristiana de Jóvenes.

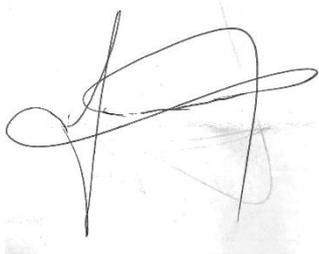
Agustín Pereyra

5.176.965-1

A handwritten signature in black ink that reads "Pereyra". The letters are cursive and connected.

Sebastián Sosa

4.691.577-0

A handwritten signature in black ink that reads "Sosa". The signature is highly stylized and cursive.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es analizar las asimetrías en el ángulo Q dinámico de rodilla en los miembros inferiores de futbolistas de la Liga Universitaria De Deportes. Se desarrolló en una población masculina, sin historial de lesiones y activos físicamente. Se utilizó un diseño transversal analítico mediante un análisis cinemático 2D, utilizando el software Kinovea 8.15 ©. En el estudio participaron 16 futbolistas con una media de edad de 21 ± 1.60 años, con una masa de 73.2 ± 9 kg y una talla de 175 ± 0.1 cm. Los participantes realizaron 3 CMJ unipodales para cada pierna. Los datos fueron analizados a través de T-Student para muestras emparejadas y un modelo ANOVA para medidas repetidas de un factor. De los cuatro momentos del salto (impulso excéntrico, impulso concéntrico, respuesta excéntrica y recuperación concéntrica) se encontró que el momento de mayor riesgo es la fase excéntrica de la respuesta a la caída con un valor de ángulo Q de $19,7 \pm 8,3^\circ$ para pierna derecha y $17,5 \pm 5,8^\circ$ para pierna izquierda. La dominancia no altera el comportamiento del ángulo Q. Se observó un comportamiento asimétrico entre pierna izquierda y pierna derecha en relación al ángulo Q y a la velocidad angular. Se necesitan más investigaciones que estudien el control motor y la calidad de los entrenamientos de los jugadores con el fin de reducir los factores de riesgo de lesión.

Palabras clave: Ángulo Q. Asimetría. Lesión. Factores de Riesgo

INTRODUCCIÓN

La Liga Universitaria de Deportes es una institución en donde miles de personas uruguayas practican y compiten en diferentes disciplinas de forma amateur. Solo en fútbol masculino, participan 335 planteles en 7 categorías diferentes, siendo así 5000 participantes inscriptos aproximadamente (L.U.D).

Dentro de este marco, anualmente se disputan 23 partidos oficiales de liga, además los deportistas amateurs entrenan de 2 a 8 horas por semana, en donde muchas veces, las responsabilidades de la vida cotidiana como también las condiciones climáticas, los obligan a desistir de alguno de los entrenamientos. Debido a estas características propias del fútbol amateur, se considera con esta variabilidad que el futbolista puede estar expuesto a mayores factores de riesgos tanto intrínsecos como extrínsecos.

La competencia del fútbol es un factor de riesgo para lesiones por sus propias características, según Barrera (2005) al igual que otros deportes, el fútbol tiene una gran incidencia lesional, producido por una característica de dicha disciplina; el impacto articular.

El fútbol es un deporte de carácter asimétrico, según Carmody (2015) es una disciplina “que prima la utilización de ciertos segmentos corporales por sobre otros, lo que lleva a desequilibrios musculares y compensaciones de cadenas musculares contralaterales” (p.10). Los desequilibrios y las compensaciones musculares, pueden producir asimetrías en las extremidades de los diferentes deportistas, siendo así un factor de riesgo para futuras lesiones. Como explica el estudio de Troule y Casamichanana (2016) “La asimetría o desequilibrio funcional entre las extremidades podrían afectar al rendimiento deportivo e incrementar la incidencia lesional.” (p.55).

Los miembros inferiores, representan la mayoría de las lesiones ocurridas en el fútbol, tanto en mujeres como en hombres, siendo la rodilla la parte del cuerpo lesionada con más frecuencia (Grimm N, et al. 2014). La rodilla es una articulación que está considerada como una de las más grandes y anatómicamente complejas del cuerpo humano, la cual está predispuesta a múltiples lesiones y sobrecargas (Kusiak y Kawczyński. 2018).

El ángulo Q de rodilla da una impresión general de la biomecánica de los miembros inferiores. Alteraciones en el ángulo Q afectan la cinemática de la rodilla, en condiciones estáticas y dinámicas. Si el ángulo Q de rodilla es mayor de lo normal, es considerado factor de riesgo para futuras lesiones de los miembros inferiores. (Kulli, Yeldan y Unyildirim. 2019).

Según De Oliveira Silva et al. (2015) el ángulo Q “Clínicamente se toma trazando líneas imaginarias desde la espina ilíaca anterior superior hasta el centro de la rótula, y de la tuberosidad tibial a través del centro de la rótula, midiendo el ángulo agudo entre ellas” (p.1)

También Kusiak y Kawczyński (2018) afirman que dentro de la variabilidad biológica el ángulo Q se considera normal entre 15 y 20 grados. Por encima de estos valores el mismo es un posible factor de riesgo para diferentes patologías.

Como explica el manual del Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM por sus siglas en inglés) de medicina deportiva “Los mecanismos de la lesión incluyen un traumatismo por impacto causado por un golpe directo, un traumatismo por rotación indirecta, una sobrecarga causada por microtraumatismos repetitivos o una actividad deportiva superimpuesta a las insuficiencias estructurales o anatómicas” (p.316). Debido a que los mecanismos de lesión se producen en situaciones dinámicas, es conveniente medir el ángulo Q tanto de forma estática como dinámica, haciendo énfasis en el momento de mayor valgo de rodilla.

La medición del ángulo Q tanto en forma estática como dinámica se realiza tomando en cuenta los mismos puntos anatómicos. El goniómetro es uno de los instrumentos más utilizados para la medición de esta variable en estático, los análisis cinemáticos han mostrado resultados más acertados. Si bien la mayoría de los estudios se realizan a través de análisis en 3D en situaciones dinámicas controladas como Drop Jump test (DJ) y Counter Movement Test (CMJ), el comportamiento de la rodilla se produce en el plano frontal, por lo tanto, es posible abordarlo desde un análisis 2D.

Tanto las asimetrías como los ángulos Q excesivos, son factores de riesgo para la aparición de lesiones, por lo tanto, se cree que deportistas que presenten ángulos Q asimétricos entre sus miembros inferiores, pueden tener variables biológicas que atenten contra su integridad, incidiendo tanto en su salud como en su rendimiento deportivo.

Dentro del fútbol, como actividad deportiva asimétrica es posible encontrar que las rodillas de los deportistas presenten asimetrías propias debidas a dichas características, por lo tanto, realizar una investigación sobre el comportamiento de las mismas en diferentes tareas es sumamente importante.

Para este trabajo se plantearon las siguientes hipótesis; el ángulo Q es asimétrico en los miembros inferiores, un ángulo Q menor incide en la capacidad de saltar con más altura y la pierna dominante tiene un ángulo Q menor que la otra.

El objetivo de esta investigación es analizar las asimetrías en el ángulo Q dinámico de rodilla en los miembros inferiores de futbolistas de la Liga Universitaria De Deportes.

A partir de las hipótesis se determinaron los siguientes objetivos específicos; describir la asimetría del ángulo Q en los miembros inferiores, identificar la relación entre el ángulo Q menor y la capacidad de salto e identificar la relación entre la pierna dominante y el ángulo Q.

MARCO TEÓRICO

Ángulo Q

Kusiak y Kawczyński (2018) definen al ángulo Q como la intersección de dos líneas, una línea trazada desde la espina ilíaca superior anterior al centro de la rótula y una línea desde el centro de la rótula al tubérculo tibial. Es importante destacar que este ángulo no es igual en todos los individuos, debido a que los puntos anatómicos mencionados pueden estar posicionados de manera diferente debido a múltiples factores, entre ellos el sexo, la edad, la historia clínica-deportiva, etc.

El ángulo Q representa la dirección vectorial de la fuerza del cuádriceps en el plano frontal, por lo tanto, un ángulo excesivo genera un aumento de estrés mecánico sobre la estructura de la articulación, repercutiendo en una predisposición de lesiones individuales (Daneshmandi, Saki, Shahheidari y Khoori. 2011).

En la investigación de Raveendranath, Nachiket, Sujatha, Priya y Rema (2011) se explica que “el ángulo Q se ha aceptado como un factor importante en la evaluación de la función de la articulación de la rodilla” (p.2). Por este motivo se toma a esta variable como punto de partida para evaluar el comportamiento de la rodilla en los deportistas amateur durante despegues y aterrizajes de diferentes saltos.

Como explica Mombiella, Pérez, Molero y Marrero (2006) “tradicionalmente el ángulo Q se mide mediante goniometría en estático, y se hace una predicción de cómo se comportará en dinámico. Está demostrado que la medición en estático es pobre predictora de alteraciones dinámicas” (p.47).

Este estudio realizará una medición del ángulo Q dinámico a través de un análisis cinemático 2D de la ejecución de los deportistas en los test Counter Movement Jump (CMJ) tanto en las modalidades bipodal como unipodal y Drop Jump (DJ), los cuales implican situaciones de despegue y aterrizaje.

En el estudio de Numata et al. (2017) se concluye que el análisis cinemático 2D es factible y accesible para el análisis dinámico del movimiento de atletas. Mediante el análisis de movimiento 2D demostraron que el valgo dinámico de rodilla es un factor de riesgo potencial de lesiones sin contacto.

Asimetría

Las extremidades en general, y los segmentos y las articulaciones en particular, tienen ejes anatómicos tanto morfológicos como mecánicos que proporcionan una estabilidad intrínseca al esqueleto. La pérdida de estos ejes es lo que ocasiona las desalineaciones (Marrero y Rull, 2007).

Según Carmody (2005) “Entiéndase por deporte asimétrico, aquellos deportes donde predomina el entrenamiento unilateral, es decir la utilización de un hemicuerpo por sobre el otro. Este tipo de entrenamiento altera el equilibrio de las fuerzas de los músculos que actúan sobre una articulación, modificando de esta forma la posición media fisiológica en dicha articulación” (p.6 c.1).

Según Read, Oliver, De Ste Croix, Myer y Lloyd (2018) la asimetría durante las tareas de salto y aterrizaje ejerce una presión adicional sobre las estructuras de los tejidos blandos de la pierna no dominante, lo que puede reducir el rendimiento y predisponer a los atletas a un rango de lesiones en las extremidades inferiores (p.4).

La pierna dominante se define a partir de la pierna con la cual el individuo conduce el balón mayor tiempo.

Lesión

El manual de la ACSM afirma que en la medicina deportiva la rodilla es una de las áreas anatómicas más importantes debido a la importancia que tiene en las diferentes actividades deportivas como por la frecuencia de lesiones que se producen sobre esta articulación.

Según Van Beijsterveldt et al. (2014) la tasa de incidencia de lesiones en el fútbol es de las más altas comparado a todos los deportes, especialmente en hombres, en donde estudios internacionales han observado que los riesgos varían entre 2.0 a 44.6 lesiones cada 1000 horas de competencia.

En la investigación de Herrero y Salinero (2013) explican que la mayoría de los estudios afirman que tanto los futbolistas de elite como los futbolistas universitarios sufren lesiones predominantemente localizadas en los miembros inferiores, específicamente en las articulaciones de la rodilla y tobillo y en los músculos del muslo.

Según Weiss, De Forest, Hammond, Schilling y Ferreira (2013) las personas que tienen un ángulo Q grande tienen un seguimiento de la rótula de manera lateral sobre el surco femoral. Estas personas cuando realizan cargas de alta magnitud sobre la rodilla pueden tener mayor riesgo de condromalacia rotuliana, osteoartritis y lesiones por sobre uso, así como también dolor en la rodilla anterior, también llamado síndrome patelofemoral.

Factores de riesgo

Según Alentorn-Geli et al. (2009) el ángulo Q es un factor anatómico que se ha relacionado a un mayor riesgo de lesión del ligamento cruzado anterior. El mismo puede

alterar la biomecánica de los miembros inferiores, exponiendo a la rodilla a un mayor riesgo de estrés en valgo, tanto de forma estática como dinámica.

A su vez, según Read, Oliver, De Ste Croix, Myer y Lloyd (2016) “las asimetrías ejercen una presión adicional sobre la pierna más débil, comprometiendo el rendimiento y exponiendo a los deportistas a sufrir diversas lesiones durante las actividades de corte y aterrizaje” (p.2). Siendo así, las asimetrías consideradas como un factor de riesgo más para la aparición de lesiones.

También Herrero y Salinero (2013) explican que el origen y la causa de las lesiones en el fútbol amateur son diferentes a las del fútbol profesional debido a la condición física y a las habilidades que presentan los deportistas, así también los estados del campo de juego en donde se desarrolla la competencia, transformándose en factores de riesgo que influyen directamente en la ocurrencia de lesiones.

Según Khasawneh, Allouh y Abu-El-Rub (2019) un ángulo Q excesivo es considerado un factor de riesgo ya que, con el paso del tiempo, sobre todo en las actividades deportivas, el mismo puede causar un desequilibrio muscular y un desgaste en el cartílago inferior de la rótula, traduciéndose a una pérdida en la superficie articular de la rodilla.

Counter movement jump (CMJ)

Según Sánchez-Sixto, Harrison y Floría (2018) el salto vertical es una de las habilidades más comunes y fundamentales en los deportes; el CMJ es un tipo de salto protocolizado que se encuentra dentro de estos, el mismo consiste en una flexión de rodillas con un posterior salto buscando la altura máxima con los brazos en posición akimbo.

La posición akimbo consiste en que el atleta ubique las manos en la cadera durante todo el salto. En esta investigación los individuos cambiaron este posicionamiento, llevando los brazos de forma cruzada hacia los hombros, con el fin de que las manos no interfieran con el marcador de la espina ilíaca anterosuperior.

Para poder analizar las asimetrías y los valores de riesgo de ángulo Q, el salto en contra movimiento se puede dividir en cuatro eventos motores relacionados al tiempo de ejecución del gesto, estos son: impulso de salto negativo (IE), impulso de salto positivo (IC), repuesta a la caída (RE) y recuperación de la caída (RC).

METODOLOGÍA

El diseño de esta investigación fue descriptivo transversal analítico. Con una muestra no probabilística intencional por conveniencia, con una aproximación de la fórmula de Lehr (Cuestas, 2008) de un mínimo de 16 jugadores de fútbol de la Liga Universitaria de Deportes de sexo masculino, siendo los mismos, mayores de edad.

Para la muestra se tomó un criterio de inclusión en donde los participantes debieron cumplir con la condición de estar activos durante los últimos 6 meses, sin la posibilidad de presentar ninguna patología (tendinitis, desgarros, esguinces, fracturas, operaciones) o dolores crónicos en los miembros inferiores.

Previo a la toma de datos, los individuos firmaron un consentimiento informado (Anexo 1) con el fin de avalar nuestra intervención y también completaron una breve ficha que proporcionó datos de interés para la investigación (Anexo 2).

Para comenzar, los participantes debieron ejecutar un calentamiento pautado, el cual consistió en la movilización articular de los miembros inferiores (cadera, rodilla, tobillo), seguido por 5 minutos de trote en cinta a una velocidad autoseleccionada y finalizando con un estiramiento dinámico de los principales músculos implicados.

Luego, a cada participante se le colocaron 6 marcadores en los puntos anatómicos correspondientes al ángulo Q, espina ilíaca anterosuperior, centro de la rótula y en la tuberosidad anterior de la tibia para cada miembro inferior.

Se tomó una captura del plano frontal del individuo en bipedestación para obtener los valores del ángulo Q estático. Realizaron las pruebas correspondientes sobre una alfombra de salto ProJump, la primera en aplicarse fue el Drop Jump Test, seguido por el Counter Movement Jump Test en modalidad unipodal y bipodal. Cada deportista debió realizar tres veces cada test de salto en donde cada valor fue registrado en una ficha previamente estructurada (Anexo 3).

Las ejecuciones fueron filmadas por la cámara de video de la GoPro Hero 7 en 1080 pixeles a 120 cuadros por segundos. Los videos se exportaron al software Kinovea®, en donde se realizó el procedimiento pautado para la obtención de datos, los mismos fueron exportados al software Excel.

En Kinovea® se inició el procedimiento de análisis 2D, para esto se colocaron los marcadores en forma de cruz en los diferentes puntos anatómicos correspondientes al ángulo Q (Ilustración 1), a los cuales se les siguió la trayectoria durante todo el video fotograma a fotograma (Ilustración 2). También se calibró la medida de referencia previamente obtenida, distancia espina ilíaca – centro de rótula. En el software se debió configurar el video en formato de tiempo milisegundos, con un eje de coordenadas que abarcó toda la ejecución y con la velocidad de origen con la que fue filmado.

Ilustración 2. Marcadores anatómicos

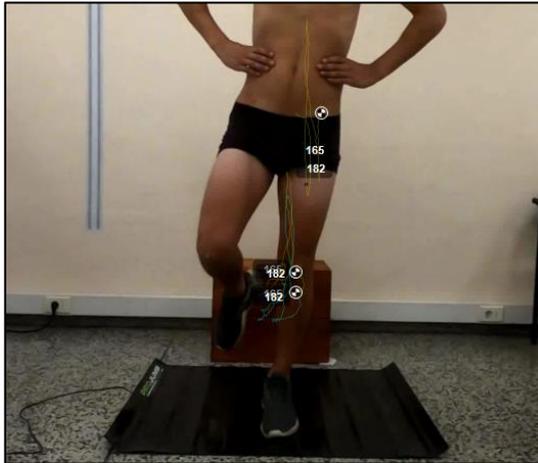
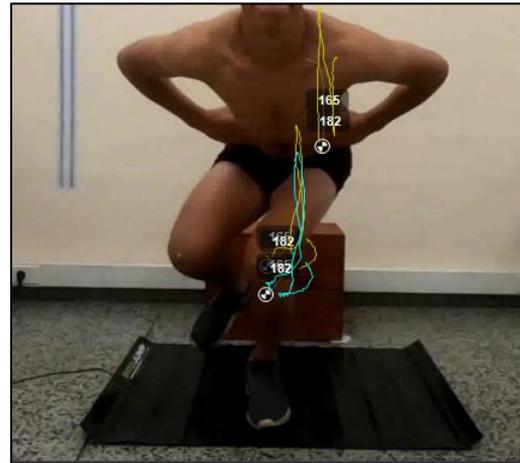


Ilustración 1. Trayectoria trazada



Una vez analizado el video se exportaron los datos a Excel en donde se colocaron tres tablas que indicaron la trayectoria de los diferentes puntos anatómicos en el tiempo. Luego, siguiendo el teorema general del coseno se despejó el ángulo y se lo calculó. Después se realizó un suavizado por media móvil de 8 cuadros tanto para la velocidad como para el ángulo Q para la obtención de la gráfica de las dos variables.

A partir de estos procedimientos se obtuvieron los datos precisos del comportamiento de la rodilla de cada individuo para cada test. Se tomó en cuenta la medida del ángulo Q en el mayor valgo de rodilla con su respectiva velocidad durante cuatro momentos específicos: impulso de salto positivo en fase excéntrica (IE), momento en donde el individuo comienza a flexionar las rodillas para generar el impulso del salto; impulso de salto negativo en fase concéntrica (IC), momento en el que el individuo comienza a extender los miembros inferiores para darle altura al salto; respuesta de la caída en fase excéntrica (RE), momento en el que el individuo amortigua la caída hasta generar la mayor flexión de rodillas; y recuperación de la caída en fase concéntrica (RC), momento en el que las rodillas se extienden hasta volver a la posición base (ilustración 3).

Ilustración 3. Gráfico ángulo Q con Velocidad angular y los 4 momentos del salto.



Debido a las características propias del fútbol, tomamos a la a las rodillas de un mismo jugador como variables dependientes entre sí. Por este motivo el primer paso fue el análisis de la normalidad de los datos, a través de la prueba de Shapiro-Willik. Luego de comprobada la normalidad de los datos se utilizó la prueba T-Student para muestras emparejadas y ANOVA para medidas repetidas de un factor a través del software JASP 0.11.0.1 ©.

Para esta metodología se realizó una prueba piloto (Anexo 4), en donde participaron dos individuos que cumplieran con la característica de la muestra. Se encontró que las variables en estudio son coherentes con la realidad. Además, se determinó que la iluminación, la vestimenta y los marcadores eran aspectos fundamentales para obtener una mejor calidad de análisis.

RESULTADOS

En este estudio participaron 16 individuos hombres, futbolistas de la Liga Universitaria de Deportes con una edad de 21 ± 1.60 años, con una masa de 73.2 ± 9 kg y una talla de 175 ± 0.1 cm. Los mismos pertenecen a clubes de la divisional A y B de la categoría mayores con una carga semanal de ejercicio físico de 8.20 ± 2.30 horas, teniendo en cuenta los partidos y los entrenamientos. De los quince individuos se registraron cinco izquierdos dominantes y diez derechos.

En la tabla 1 se mostrarán los valores del ángulo Q estático y los resultados obtenidos del ángulo Q para cada pierna a través de un análisis cinemático en los diferentes momentos del test Counter Movement Jump (CMJ) unipodal. Estos momentos son: impulso de salto positivo en fase excéntrica (IE), impulso de salto negativo en fase concéntrica (IC), respuesta de la caída en fase excéntrica (RE) y recuperación de la caída en fase concéntrica (RC).

Tabla 1. Valores medios y desvío estándar de los ángulos Q para los momentos del CMJ.

MOMENTO	FASE	MEDIA	DESVÍO ESTÁNDAR
ÁNGULO Q DERECHA (°)	ESTÁTICA	6.07	3.47
ÁNGULO Q IZQUIERDA (°)	ESTÁTICA	6.07	2.63
ÁNGULO Q DERECHA EMPUJE – IMPULSO DE SALTO (°)	EXCÉNTRICA	18.555	8.185
	CONCÉNTRICA	13.061	8.695
ÁNUGLO Q DERECHA ATERRIZAJE DEL SALTO (°)	EXCÉNTRICA	19.728	8.289
	CONCÉNTRICA	16.439	8.300
ÁNGULO Q IZQUIERDA EMPUJE – IMPULSO DE SALTO (°)	EXCÉNTRICA	16.409	4.284
	CONCÉNTRICA	14.553	5.468
ÁNGULO Q IZQUIERDA ATERRIZAJE DEL SALTO (°)	EXCÉNTRICA	17.526	5.795
	CONCÉNTRICA	11.779	5.222

En negrita se marcan los valores promedios que superan el rango de factor de riesgo.

El valor del ángulo Q estático de los futbolistas es igual para ambas piernas, lo que es indicador de un comportamiento simétrico.

El comportamiento del ángulo Q para la pierna derecha supera los valores teóricos de riesgo en los momentos de impulso positivo del salto en la fase excéntrica, y durante los dos momentos del aterrizaje del salto.

El comportamiento del ángulo Q para la pierna izquierda supera los valores teóricos de riesgo en los momentos de impulso positivo del salto en la fase excéntrica y la respuesta a la caída en la fase excéntrica del aterrizaje.

En la tabla 2 a través de la prueba T-Student para muestras emparejadas, se comparó el comportamiento del ángulo Q de la pierna derecha con el de la pierna izquierda en cada momento del salto, para determinar posibles asimetrías.

Tabla 2. T-Student para muestras emparejadas para variables cinemáticas durante las fases del salto.

DERECHA		IZQUIERDA	t	df	p
ÁNGULO Q Impulso de salto negativo (excéntrica)	-	ÁNGULO Q Impulso de salto negativo (excéntrica)	0,953	14	0,357
VEL ANG Impulso negativo	-	VEL ANG Impulso negativo	1,527	14	0,149
ÁNGULO Q Impulso positivo (concéntrico)	-	ÁNGULO Q Impulso positivo (concéntrico)	0,522	14	0,610
VEL ANG Impulso positivo	-	VEL ANG Impulso positivo	2,223	14	0,043
ÁNGULO Q Respuesta a la caída (excéntrica)	-	ÁNGULO Q Respuesta a la caída (excéntrica)	0,758	12	0,463
VEL ANG Respuesta a la caída	-	VEL ANG Respuesta a la caída	0,537	12	0,601
ÁNGULO Q Recuperación de la caída (concéntrico)	-	ÁNGULO Q Recuperación de la caída (concéntrico)	2,249	13	0,042
VEL ANG Recuperación a la caída	-	VEL ANG Recuperación a la caída	0,982	13	0,344

En negrita se marcan los valores que indican diferencias significativas.

La prueba demostró que existen diferencias significativas ($p=0,043$) en la velocidad angular del impulso positivo del salto en la fase concéntrica de ambas piernas, determinando un comportamiento asimétrico.

En relación al ángulo Q, se comprobó la existencia de asimetrías durante el momento de la recuperación de la caída en la fase concéntrica del salto, debido a que se hallaron diferencias significativas ($p=0,042$).

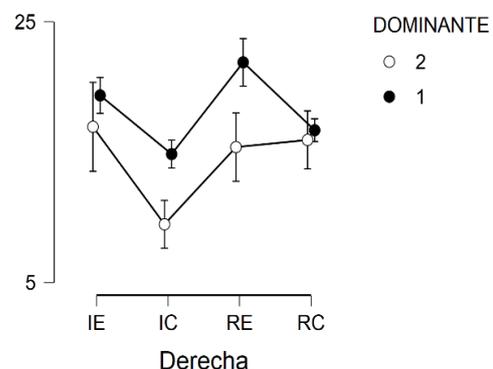
Luego en la tabla 3 y en la ilustración 4 a través de la prueba ANOVA para medidas repetidas, se realizó un modelado del comportamiento del ángulo Q en ambos saltos, comparando en los CMJ unipodales derecha a los jugadores derecho dominante (1) con los derechos no dominante (2).

Tabla 3. Medias para las variables cinemáticas durante el salto para la pierna derecha.

Derecha	Dominante	Media	Desvío estándar	N
IE (°)	2	16,950	7,944	5
	1	19,357	8,604	10
IC	2	9,472	6,589	5
	1	14,856	9,358	10
RE	2	15,394	7,610	5
	1	21,895	8,092	10
RC	2	15,942	8,735	5
	1	16,687	8,547	10

1 - Derecha dominante 2 - Izquierda dominante

Ilustración 4. Medias para las variables cinemáticas durante el salto para la pierna derecha.



Cuando se analiza el salto siguiendo su secuencia temporal, se encuentra que los cuatro momentos son diferentes entre sí ($p=0,004$), donde se encontró que el impulso concéntrico tiene diferencia con el excéntrico y es el momento de menor riesgo de los cuatro momentos. Además, el impulso concéntrico tiene una respuesta diferente en relación a la respuesta excéntrica.

Hay una tendencia a que la respuesta excéntrica del aterrizaje sea diferente a los demás, pero no es significativa. Los derechos dominantes, durante el momento excéntrico del aterrizaje sobrepasan el valor de riesgo del ángulo Q, siendo el momento de mayor riesgo del salto.

El comportamiento general de los cuatro momentos no se ven alterados si la derecha es dominante o no dominante, es decir la dominancia no altera la respuesta de la rodilla cuando se analiza por la secuencia temporal del salto.

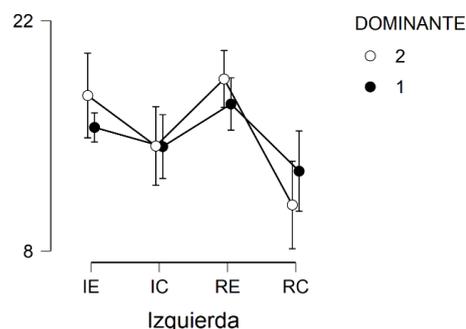
Para los CMJ unipodales izquierda se realizó el mismo procedimiento:

Tabla 4. Medias para las variables cinemáticas durante el salto para la pierna izquierda.

Izquierda	Dominante	Media	Desvío estándar	N
IE	2	17,458	4,870	5
	1	15,520	4,339	8
IC	2	14,392	4,537	5
	1	14,354	6,213	8
RE	2	18,462	4,769	5
	1	16,941	6,600	8
RC	2	10,814	5,590	5
	1	12,864	5,352	8

1 - Derecha dominante 2 - Izquierda dominante

Ilustración 5. Medias para las variables cinemáticas durante el salto para la pierna izquierda.



Cuando se analiza el salto siguiendo su secuencia temporal, se encuentra que los cuatro momentos son diferentes entre sí ($p=0,042$). Sin embargo, en el análisis fase por fase no se encontraron diferencias estrictas.

Hay una tendencia a que la respuesta excéntrica es diferente a las demás, pero no es significativa. Los izquierdo dominantes, durante el momento excéntrico del aterrizaje sobrepasan el valor de riesgo del ángulo Q, siendo el momento de mayor riesgo del salto.

El comportamiento general de los cuatro momentos no se ven alterados si la derecha es dominante o no dominante, es decir la dominancia no altera la respuesta de la rodilla cuando se analiza por la secuencia temporal del salto.

Por último, se comprobó a través de un estudio de correlación entre la altura del salto y las variables angulares que la estabilidad de la rodilla no está asociada estrictamente a la respuesta del aparato extensor, debido a que no se encontró un valor significativo de asociación entre la altura lograda y el ángulo producido.

DISCUSIÓN

El propósito de este trabajo fue analizar el ángulo Q en diversas situaciones en futbolistas de la liga universitaria, tanto para situaciones dinámicas como estáticas. En ese sentido Mombiella et al. (2006) afirma que "... la medición en estático es pobre predictora de alteraciones dinámicas" (p.47). Para estos individuos el ángulo estático tiene un comportamiento simétrico entre ambas piernas de $6,07^\circ$. Este ángulo tiene un valor que no se acerca a los valores de riesgo de lesión.

Sin embargo, el ángulo Q dinámico tiene un comportamiento totalmente diferente, en donde en la mayoría de los momentos del salto muestra valores excesivos (valores mayores a 15°), transformando a estos momentos en factores de riesgo para la lesión de la rodilla.

Dada esta diferencia, es fundamental realizar mediciones del ángulo Q tanto estáticas como dinámicas, aún más si el compromiso de las extremidades se ve afectado por esfuerzos en acciones dinámicas, como sucede en este tipo de deportistas, futbolistas.

Kusiak y Kawczyński (2018) afirman que valores de ángulo Q mayores a 15 grados son considerados factores de riesgo para futuras lesiones. En el análisis cinemático (Tabla 1) de la pierna derecha se obtuvieron valores que superan el valor de riesgo, en el momento de impulso de la fase excéntrica ($18,5 \pm 8,2^\circ$), en la fase excéntrica de la caída ($19,7 \pm 8,3^\circ$) y la recuperación de la caída en la fase concéntrica ($16,4 \pm 8,3^\circ$). Para la pierna izquierda se obtuvieron valores para la fase excéntrica del impulso ($16,4 \pm 4,3^\circ$) y para la fase excéntrica de la caída ($17,5 \pm 5,8^\circ$).

Las acciones en el fútbol que requieren rápidas desaceleraciones como aterrizajes, pivotes y cambios de dirección implican sustancialmente fuerzas musculares excéntricas de los extensores de rodilla, incrementando el riesgo de lesiones ligamentosas sin contacto (Read et al., 2016). Para esta población en estudio se hallaron los valores máximos de ángulo Q para ambas piernas en el momento del aterrizaje, específicamente en la fase excéntrica de la caída.

Luego de realizar las mediciones del ángulo Q dinámico en los cuatro momentos del salto se concluyó que el salto CMJ unipodal tiende a aumentar los valores de factor de riesgo para lesiones.

En relación a la población en estudio se comprobó la existencia de un comportamiento asimétrico entre ambas piernas en la velocidad angular de la fase concéntrica del impulso positivo del salto ($p=0,043$) (Tabla 2).

La velocidad angular y el ángulo Q se relacionan con el control motor, siendo un indicador directo de las actividades musculares. Lenher et al. (2016), afirma la

importancia de que los músculos produzcan un control muscular eficiente para proporcionar una compresión que mantenga la estabilidad articular. Dado que el impulso positivo es una acción consciente y buscada en donde se produce la fuerza y la potencia del salto, se debería esperar una menor variabilidad de la velocidad angular.

Se comprobó que, en el momento de recuperación de la caída en la fase concéntrica, el ángulo Q de las rodillas tienen un comportamiento asimétrico ($p=0,042$) (Tabla 2). Read et al. (2017), afirma que la asimetría durante las tareas de salto y aterrizaje pueden reducir el rendimiento y predisponer a los atletas a un riesgo de lesiones en las extremidades inferiores. Estos deportistas debido a las asimetrías encontradas, podrían tener un menor rendimiento y una mayor predisposición a lesiones.

Según Khasawneh, Allouh y Abu-El-Rub (2019) un ángulo Q excesivo indica una tendencia al estrés biomecánico adicional durante las actividades repetitivas con la rodilla. Durante este trabajo, la articulación más comprometida en relación a los valores de riesgo es la rodilla derecha ($16,4^{\circ} \pm 8,3^{\circ}$), mientras que la izquierda se mantiene en un margen de no riesgo ($11,7^{\circ} \pm 5,2^{\circ}$). Esta diferencia fue significativa para todos los casos, donde la dominancia no generó alteraciones en los resultados.

Durante las secuencias observadas se encontró que la derecha siempre fue asimétrica con respecto a la izquierda, y a su vez esta diferencia se asocia a un factor de riesgo. Por lo tanto, la derecha durante la fase concéntrica de la respuesta a la caída tiene dos factores de riesgo: asimetría y ángulo Q excesivo.

Luego de observar la asimetría en las rodillas de la población, algunos de los factores que inciden en este comportamiento podrían estar presentes en la preparación física y el contexto. Si bien el promedio de horas de ejercicio físico por semana es alto ($8,20 \pm 2,30$ horas), las deficiencias encontradas pueden ser indicador de que la calidad del entrenamiento no es la adecuada, en donde los mismos no se estarían centrando en los aspectos específicos que intervienen en el trabajo unilateral.

Cuando los jugadores comienzan el impulso del salto, generan una asimetría en relación a la velocidad angular lo cual produce efectos que luego se mantienen hasta la el aterrizaje en sus dos etapas. Si bien la tarea del salto se tiene que entrenar por partes, no se debe olvidar que es una unidad única, despegar y aterrizar. Por lo tanto, se puede afirmar que la existencia de asimetrías o factores de riesgo durante una de las fases del salto, trae consecuencias en las fases siguientes, comprometiendo al gesto completo.

En cuanto a la dominancia de la pierna, durante la ejecución de los saltos se comprobó que el comportamiento de las piernas es diferente entre sí. Sin embargo, luego de analizar cada salto comparando la pierna dominante contra la no dominante, se comprobó que la dominancia no altera la variabilidad del ángulo Q durante el salto.

En el estudio de Greska et al. (2016) explican que se ha encontrado escasa evidencia científica sobre la influencia de la pierna dominante con la lesión de ligamento cruzado anterior sin contacto. Por esto, se considera importante enfocar los entrenamientos en el trabajo de la fuerza y la estabilidad de los miembros inferiores en forma unilateral, sin hacer diferencias entre la dominancia.

La hipótesis de este trabajo propone que un menor valor de ángulo Q conlleva a una capacidad mayor de salto. Daneshmandi, Saki y Shahheidari (2011) explican que “el ángulo Q representa la dirección vectorial de la fuerza del cuádriceps en el plano frontal”. Por lo tanto, siguiendo la lógica, un ángulo Q excesivo dispersaría la dirección de la fuerza, produciendo una menor capacidad de salto.

Sin embargo, se comprobó para esta población que no existe relación entre la altura mayor del salto y un menor ángulo Q. Una posible explicación es que la muestra no se ajusta a la hipótesis de nuestro problema. La técnica del salto no fue la ideal, son deportistas amateurs que no están acostumbrados a realizar saltos unipodales de forma específica.

Se esperaba encontrar una relación de un menor ángulo Q con una mayor altura del salto, pero a diferencia se terminó encontrando que para esta población no existe dicha relación, en donde la altura de no es muy grande y hay mucha variabilidad de rodilla.

Se podría esperar que, si a esta población se la entrenara de forma específica se podrían lograr dos factores de cambio: valores de ángulo Q menores y mayor altura en los saltos.

Limitaciones

El sistema de procesamiento cinemático 2D se considera una metodología de bajo costo y de fácil accesibilidad, en donde el análisis de los videos se realiza a través de procedimientos estructurados y sencillos. También el software es de acceso libre (Kinovea©), el cual no requiere del uso de cámaras de alto costo.

No obstante, el procesamiento cinemático 2D tiene sus propias limitaciones. El mismo refleja exactamente el plano ortogonal al eje focal de la cámara, en donde cualquier movimiento fuera de este determinaría datos que no son reales. Durante esta investigación se tuvieron que eliminar varios videos de las ejecuciones ya que salían del plano perpendicular.

Además, la relación beneficio-tiempo de análisis por cada jugador se considera otra limitante de la metodología. Cada individuo demandó aproximadamente siete horas de análisis, siendo un total de ciento cinco horas de trabajo de recursos humanos.

Los saltos bipodales no fueron considerados en la investigación ya que no podían ofrecer información de relevancia sobre el ángulo Q, los mismos manifestaban un comportamiento de rodilla en varo.

Por último, la técnica en las ejecuciones de los saltos se considera otra limitación en el estudio, la misma no fue la ideal o esperada para poder analizar cinemáticamente el ángulo Q en situación dinámica. Por este motivo un individuo tuvo que ser eliminado del estudio.

CONCLUSIONES

El objetivo de esta investigación fue analizar las asimetrías del ángulo Q dinámico en jugadores de fútbol de la Liga Universitaria, luego de realizar el análisis de datos se concluye la existencia de asimetrías en los miembros inferiores para las distintas fases del salto CMJ unipodal.

Se observó el comportamiento asimétrico entre las piernas en relación a la velocidad angular para el momento de la fase concéntrica del impulso positivo del salto y para el ángulo Q en la fase excéntrica de la respuesta a la caída. Además, la pierna de derecha se asocia a un factor de riesgo debido al valor excesivo del ángulo Q.

Las mediciones de ángulo Q estático son pobres predictoras del comportamiento en dinámico, por lo cual es fundamental realizar los dos tipos de mediciones dado que la mayoría de las lesiones se dan en situaciones que implican movimiento.

Los saltos realizados con pierna izquierda y con pierna derecha son diferentes, pero la dominancia no altera el comportamiento. Además, la pierna dominante no se asocia con un ángulo Q menor y no se encontraron diferencias significativas entre la altura del salto lograda y el ángulo Q producido.

A partir de los resultados encontrados en este estudio, se considera que los futuros licenciados en educación física al momento de trabajar con este tipo de población podrían tomar como recomendación algunos aspectos específicos que reduzcan los factores de riesgo de lesión.

Se considera que para esta población es fundamental realizar trabajos propioceptivos y de fuerza enfocados en la unilateralidad con el fin de poder proporcionarle mayor estabilidad a la articulación de la rodilla para reducir factores de riesgo.

Durante el entrenamiento del salto es importante trabajar el aterrizaje de forma específica debido al alto riesgo lesivo que se produce en los miembros inferiores. Si bien el salto unipodal durante el momento de impulso sirve para alcanzar mayor altura, el aterrizaje bipodal puede ser una buena alternativa para proteger la articulación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alentorn-Geli, E., Myer, G. D., Silvers, H. J., Samitier, G., Romero, D., Lázaro-Haro, C., & Cugat, R. (2009). Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 17(7), 705–729. doi:10.1007/s00167-009-0813-1
- Bahr, R., Maehlum, S., & Bolic, T. (2015). *Lesiones deportivas*. Madrid: Médica Panamericana
- Barrera, J. E. (2005). *Prevención de riesgos en las actividades físicas*. Malaga, España: Instituto Andaluz del Deporte.
- Carmody, M.C., (2015). *Alineación postural, deporte simétrico y asimétrico*. Universidad de Fasta, Mar de plata, Argentina.
- Colegio Americano de Medicina (2001). *Manual ACSM de medicina deportiva*. Barcelona: Paidolibro.
- Cuestas, E. (2008). *Calculo de tamaños muestrales aproximados: Fórmula de Lehr*. *Experiencia Médica – Vol.26 – nº3*.
- Daneshmandi, H., Saki, F., Shahheidari, S., & Khoori, A. (2011). Lower extremity Malalignment and its linear relation with Q angle in female athletes. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 15, 3349–3354. doi:10.1016/j.sbspro.2011.04.298
- De Oliveira Silva, D., Briani, R. V., Pazzinatto, M. F., Gonçalves, A. V., Ferrari, D., Aragão, F. A., & de Azevedo, F. M. (2015). Q-angle static or dynamic measurements, which is the best choice for patellofemoral pain? *Clinical Biomechanics*, 30(10), 1083–1087. doi:10.1016/j.clinbiomech.2015.09.002
- Greska, E. K., Cortes, N., Ringleb, S. I., Onate, J. A., & Van Lunen, B. L. (2016). Biomechanical differences related to leg dominance were not found

- during a cutting task. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(11), 1328–1336. doi:10.1111/sms.12776
- Grimm, N., Jacobs, J., Kim, J., Denney, B., & Shea, K. (2014). Anterior Cruciate Ligament and Knee Injury Prevention Programs for Soccer Players. *The American Journal Of Sports Medicine*, 43(8), 2049-2056. doi:10.1177/0363546514556737
- Herrero, H., Salinero, J. J., & Del Coso, J. (2013). Injuries Among Spanish Male Amateur Soccer Players. *The American Journal of Sports Medicine*, 42(1), 78–85. doi:10.1177/0363546513507767
- Khasawneh, R. R., Allouh, M. Z., & Abu-El-Rub, E. (2019). Measurement of the quadriceps (Q) angle with respect to various body parameters in young Arab population. *PLOS ONE*, 14(6), e0218387. doi:10.1371/journal.pone.0218387
- Kulli, H., Yeldan, I., & Unyildirim, N. (2019). Influence of quadriceps angle on static and dynamic balance in young adults. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation* -1(2019) 1-6
- Kusiak, M y Kawczyński, A. (2018). Ultrasonographic assessment of articular cartilage of the femoral condyle in patients with an increased Q-angle. *Department of Sport Science, University of Physical*, 18, 181-185. doi:10.15557/JoU.2018.0027
- Lehnert, M., De Ste Croix, M., Zaatar, A., Hughes, J., Varekova, R., & Lastovicka, O. (2016). Muscular and neuromuscular control following soccer-specific exercise in male youth: Changes in injury risk mechanisms. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(9), 975–982. doi:10.1111/sms.12705
- L.U.D | Liga Universitaria de Deportes (2019). Extraído de <http://ligauniversitaria.org.uy/>. Visitado: 28/05/2019.
- OMS | Factores de riesgo. (2019). Extraído de http://origin.who.int/topics/risk_factors/es/ Visitado: 09/07/2019.

- Raveendranath, V., Nachiket, S., Sujatha, N., Priya, R., & Rema, D. (2011). Bilateral Variability of the Quadriceps Angle (Q angle) in an Adult Indian Population. *Iranian Journal Of Basic Medical Sciences*, 14(5).
- Read, P. J., Oliver, J. L., De Ste Croix, M. B. A., Myer, G. D., & Lloyd, R. S. (2016). Neuromuscular Risk Factors for Knee and Ankle Ligament Injuries in Male Youth Soccer Players. *Sports Medicine*, 46(8), 1059–1066. doi:10.1007/s40279-016-0479-z
- Read, P., Oliver, J., Myer, G., De Ste Croix, M., & Lloyd, R. (2018). The Effects of Maturation on Measures of Asymmetry During Neuromuscular Control Tests in Elite Male Youth Soccer Players. *Pediatric Exercise Science*, 30(1), 168-175. doi: 10.1123/pes.2017-0081
- Miralles Marrero, R. C., & Miralles Rull, I. (2007). *Biomecánica clínica de las patologías del aparato locomotor*. Barcelona: Masson, S. A.
- Mombiella, N., Perez, S., Molero, X y Marrero, R. (2006). Estudio estático dinámico del ángulo Q mediante videofotogrametría 3D. *Facultat de Medicina i Ciències de la Salut*. Reus, Terragona, España.
- Numata, H., Nakase, J., Kitaoka, K., Shima, Y., Oshima, T., Takata, Y., ... Tsuchiya, H. (2017). Two-dimensional motion analysis of dynamic knee valgus identifies female high school athletes at risk of non-contact anterior cruciate ligament injury. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 26(2), 442–447. doi:10.1007/s00167-017-4681-9
- Sánchez-Sixto, A., Harrison, A., & Floría, P. (2018). Larger Countermovement Increases the Jump Height of Countermovement Jump. *Sports*, 6(4), 131. doi:10.3390/sports6040131
- Troule, S; Casamichana, D. (2016). Application of functional test to the detection of asymmetries in soccer players. *Journal of Sport and Health Research*. 8(1):53-64

- Vallvé Mombiola, N., Monterde Pérez, S., Marsal Morelo, X., & Miralles Marrero, R. (2006). Estudio estático y dinámico del ángulo Q mediante videofotogrametría 3D. *Biomecánica: Órgano De La Sociedad Ibérica De Biomecánica Y Biomateriales*, 14(1).
- Van Beijsterveldt, A. M. C., Anne, M., Stubbe, J. H., Schmikli, S. L., Van de Port, I. G. L., & Backx, F. J. G. (2015). Differences in injury risk and characteristics between Dutch amateur and professional soccer players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(2), 145–149. doi:10.1016/j.jsams.2014.02.004
- Weiss, L., DeForest, B., Hammond, K., Schilling, B., & Ferreira, L. (2013). Reliability of Goniometry-Based Q-Angle. *PM&R*, 5(9), 763–768. doi:10.1016/j.pmrj.2013.03.023

ANEXOS

ANEXO 1 - Consentimiento informado

Este formulario de consentimiento informado se encuentra dirigido a jugadores de fútbol de la Liga Universitaria de Deportes de sexo masculino mayores de 18 años, que no presentan ninguna patología (tendinitis, desgarros, esguinces, fracturas, operaciones) o dolores crónicos en los miembros inferiores y que se encuentran en actividad durante los anteriores 6 meses, siendo invitados a participar de la investigación: análisis de la existencia de asimetrías entre el ángulo Q dinámico de rodilla en los miembros inferiores.

Esta investigación es realizada por Agustín Pereyra y Sebastián Sosa, siendo el tutor Gustavo Bermúdez, en marco de la asignatura Investigación de Grado 1, perteneciente al cuarto año de la Licenciatura de Educación Física, Recreación y Deportes de IUACJ. En la misma se analizará el ángulo Q de ambas piernas con el fin de constatar posibles asimetrías.

Los valores del ángulo Q y posibles asimetrías nos permitirán constatar factores de riesgo para la incidencia de lesiones.

Para la realización de la misma se colocarán 3 marcadores en cada pierna (rodilla y cadera) y se realizarán 3 test sobre una plataforma de salto. Los test serán: salto en contra movimiento bipodal, salto en contra movimiento unipodal y caída del cajón. Las ejecuciones serán filmadas para luego ser analizadas, manteniéndose el anonimato de todos los datos generados.

He leído la información proporcionada. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella, se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado y entiendo que puedo retirarme en cualquier momento de la investigación como así mis datos.

Considero voluntariamente participar en esta investigación,

Nombre completo:

Firma:

Cédula:

Fecha:

ANEXO 2 – Ficha de datos personales**DATOS PERSONALES**

NOMBRE Y APELLIDO			
FECHA DE NACIMIENTO			
TALLA	CM		
PESO	KG		
PIERNA HÁBIL	IZQUIERDA	DERECHA	
POSICION TÁCTICA	DEFENSA	CENTROCAMPISTA	DELANTERO
HORAS DE ACTIVIDAD FÍSICA POR SEMANA	HR		
TIPO DE TRABAJO			

LESIONES EN MIEMBROS INFERIORES

ESGUINCES	SI	NO	<u>¿Dónde y cuándo?</u>
FRACTURAS	SI	NO	<u>¿Dónde y cuándo?</u>
TENDINITIS	SI	NO	<u>¿Dónde y cuándo?</u>
DESGARROS	SI	NO	<u>¿Dónde y cuándo?</u>
DOLORES CRÓNICOS	SI	NO	<u>¿Dónde y cuándo?</u>
OPERACIONES	SI	NO	<u>¿Dónde y cuándo?</u>

ANEXO 3 – Toma de medidas y datos de las pruebas.**NOMBRE:** _____.**FECHA:** _____ / _____ / _____.**ESPIÑA ILÍACA A CENTRO DE RÓTULA**

VALOR PIERNA DERECHA	CM
VALOR PIERNA IZQUIERDA	CM

DROP JUMP

SALTO 1	CM	IZQUIERDA - DERECHA
SALTO 2	CM	IZQUIERDA - DERECHA
SALTO 3	CM	IZQUIERDA - DERECHA

CMJ

SALTO BIPODAL 1	CM
SALTO BIPODAL 2	CM

SALTO UNIPODAL 1 <u>DERECHA</u>	CM
SALTO UNIPODAL 1 <u>IZQUIERDA</u>	CM
SALTO UNIPODAL 2 <u>DERECHA</u>	CM
SALTO UNIPODAL 2 <u>IZQUIERDA</u>	CM
SALTO UNIPODAL 3 <u>DERECHA</u>	CM
SALTO UNIPODAL 3 <u>IZQUIERDA</u>	CM

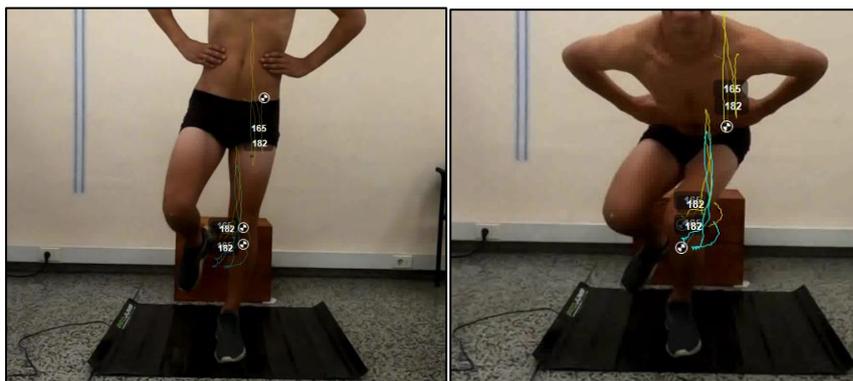
OBSERVACIONES:

--

ANEXO 4 – Prueba piloto.

La prueba piloto se realizó con dos deportistas amateur que cumplían todas las características de la investigación. Los mismos son parte el plantel de 2 cuadros diferentes de la Liga Universitaria de Deportes.

- Deportista 1: centrocampista de 21 años, masa 67.3 kg y talla 174 cm.
- Deportista 2: centrodelantero de 23 años, masa 74 kg y talla 180 cm.



Análisis en Kinovea del CMJ unilateral de pierna izquierda en donde se visualizan los marcadores en los puntos anatómicos y sus trayectorias.

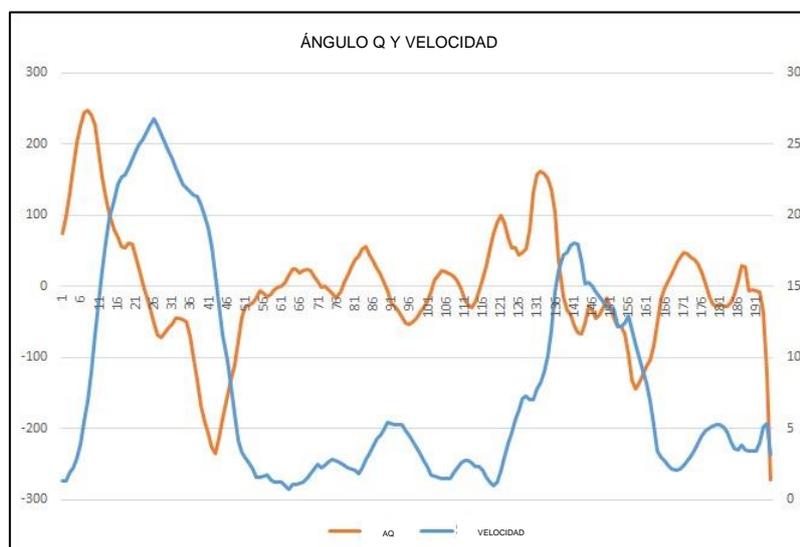


Gráfico de Angulo Q y velocidad en función del tiempo en donde se visualizan los picos máximos de las variables en los 4 momentos.

Los datos recolectados en la prueba piloto para el deportista número 1 resultaron coherentes con la realidad en todas las variantes (Tabla deportista 1). En relación al

deportista número 2 por la calidad del video y diferentes factores no pudo ser analizada de buena forma.

Por esto, a partir del protocolo de adquisición, se determinó que la iluminación led, los colores de los marcadores anatómicos y la vestimenta son aspectos fundamentales para la toma de las imágenes de calidad y para un correcto análisis cinemático.

Tabla de datos prueba piloto, deportista 1

Variable	DJ	CMJ	CMJ-d	CMJ-I
ALTURA	36.4	37.8	25.1	21.9
ANGULO Q DER ATERRIZAJE Recuperacion de la caida (concentrico)	8.74333333	2.46	6.33	
ANGULO Q DER ATERRIZAJE Respuesta a la caida (excentrica)	16.04	23.17	8.32	
ANGULO Q DER EMPUJE Impulso de salto negatio(Excentrica)	20.16333333	10.23	13.34333333	
ANGULO Q DER EMPUJE Impulso positivo (Concentrico)	8.31	3.125	5.34333333	
ANGULO Q IZQ ATERRIZAJE Recuperacion de la caida (concentrico)	8.91	3.74		8.73
ANGULO Q IZQ ATERRIZAJE Respuesta a la caida (excentrica)	20.90333333	30.15		8.81333333
ANGULO Q IZQ EMPUJE Impulso de salto negatio(Excentrica)	20.80333333	14.805		11.00666667
ANGULO Q IZQ EMPUJE Impulso positivo (Concentrico)	4.81333333	8.655		11.59
VEL ANG DER ATERRIZAJE Recuperacion	50.38	-5.88	27.06666667	
VEL ANG DER ATERRIZAJE Respuesta	118.8	151.41	42.95666667	
VEL ANG DER EMPUJE Impulso	164.0033333	55.46	130.82	
VEL ANG DER EMPUJE Impulso positivo	46.54666667	28.065	51.54	
VEL ANG IZQ ATERRIZAJE Recuperacion	57.57	-16.75		8.01333333
VEL ANG IZQ ATERRIZAJE Respuesta	127.19	188.86		71.93
VEL ANG IZQ EMPUJE Impulso	143.27	71.415		80.21333333
VEL ANG IZQ EMPUJE Impulso positivo	38.35	72.35		114.7066667