

Febrero 2011



UNIVERSIDAD
ABIERTA
INTERAMERICANA

“DIFERENCIAS EN LA ALINEACIÓN
FÉMOROROTULIANA, ENTRE JUGADORES
DE FUTBOL Y DE BASQUET, DURANTE LA
CARRERA Y EL SALTO”

AUTOR

Abatedaga, Mario

TUTOR A CARGO

De San Martín, Sergio

SEDE REGIONAL ROSARIO

Licenciatura en Kinesiología y Fisiatría

UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA

Sede Regional Rosario

Licenciatura en Kinesiología y Fisiatría

“Diferencias en la alineación fémororotuliana, entre jugadores de futbol y basquet, durante la carrera y el salto”

AUTOR

Abatedaga, Mario

TUTOR A CARGO

De San Martín, Sergio

Febrero 2011

AGRADECIMIENTOS

Mi más profundo y sincero agradecimiento, a todas las personas que de alguna manera contribuyeron a que esto pueda llevarse a cabo.

Al Dr. **Sergio De San Martín**, un maestro que con sus clases despertó mi interés por la kinesiología del deporte, mi agradecimiento por mostrar tal predisposición para dirigir la tesis, y confío en que este trabajo esté a la altura de sus enseñanzas.

Al Profesor de educación física **Mariano Rodríguez**, por facilitarme, sin ninguna clase condición, las instalaciones para la realización del estudio.

A la Licenciada en Nutrición **Barbara Serrano**, al Licenciado en Kinesiología y Fisiatría **Paolo Casaccio** y a sus respectivas familias, por brindarme su tiempo desinteresadamente, asesoramiento y por colaborar con mi trabajo a la hora de conseguir los materiales.

A los jugadores de ambos planteles que prestaron colaboración en una tarea fundamental, como lo es formar parte de la muestra.

A mis amigos y compañeros, por el constante apoyo y el interés mostrado por mi trabajo.

Y finalmente a **MI FAMILIA**, por la confianza y el apoyo incondicional en todas mis decisiones, principalmente a mis padres, que son el sostén y la razón por la cual puedo alcanzar las metas que me propongo y es a ellos a quienes va dedicado este trabajo...

GRACIAS...

“No hay árbol bueno que pueda dar fruto malo,
ni árbol malo que pueda dar fruto bueno.
Cada árbol se conoce por su fruto.”

Lucas 6: 43

“Si Dios sabe trabajar a través de mi,
sabe trabajar a través de cualquier persona”

Francisco Assisi

RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio para conocer las diferencias en la alineación fémororotuliana entre jugadores de futbol y basquet amateurs, durante la carrera y el salto, en el Club Atlético Americano Mutual y Social de la localidad de Carlos Pellegrini.

Para hacer viable dicha investigación se confeccionó y utilizó una “*planilla de recolección de datos*”, la cual fue completada mediante:

- Interrogación.
- Medición de características morfológicas de miembros inferiores con diferentes elementos técnicos.
- Observación de gestos de carrera y salto mediante filmación y el análisis de videos.

Las encuestas, observaciones y mediciones fueron realizadas a integrantes de los planteles de primera división de futbol y de basquet del club, lo que significó 12 deportistas (6 basquetbolistas y 6 futbolistas) que cumplían con los criterios de inclusión impuestos con anterioridad.

Siguiendo un orden establecido en la Planilla de recolección de datos, se procedió al estudio de las variables, las cuales se clasificaron en 4 categorías: antropométricas y demográficas, clínicas, posturales y cinemáticas.

Los resultados a los cuales se arribaron indican que en ambos miembros inferiores de los basquetbolistas existe supremacía de desplazamientos patelares neutros en menor medida patelas con desplazamientos leves. En cuanto a futbol, sin haber

predominio de un desplazamiento, fueron encontrados en igual cantidad desplazamientos neutros y leves, tanto en miembro inferior derecho como izquierdo.

El salto vertical del jugador de futbol mostró en evidencia un predominio de desplazamientos leves y menor medida de neutros. No así en el caso de los jugadores de basquet, en los cuales los movimientos mediales neutros se hicieron característicos en la extremidad inferior derecha y se vieron igualadas las cantidades de jugadores que presentaban desplazamientos leves y neutros en la extremidad inferior izquierda.

Palabras claves: Alineación femoropatelar – Futbol – Basquet –Rodilla- Salto - Carrera

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN.....	4
INTRODUCCIÓN.....	8
PROBLEMÁTICA.....	11
FUNDAMENTACIÓN	13
RODILLA Y BIOMECÁNICA FÉMOROPATELAR.....	13
Inserciones musculoligamentosas rotulianas.....	14
Sistema de contención transversal	14
Sistema de contención longitudinal	15
Función del aparato extensor	17
LA RÓTULA	20
Función de la rótula	20
Cinemática femoropatelar.....	20
Lesiones relacionadas con un desp. rotuliano anormal	23
CINEMÁTICA DE LA CARRERA	24
Fases de la carrera	24
Fase de despegue	25
Fase de vuelo	25
Desplazamiento del centro de gravedad	27
Mecánica articular de la carrera.....	28
CINEMÁTICA DEL SALTO	31
Aspectos técnico-mecánicos.....	32
OBJETIVOS.....	36
MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	37
Tipo de estudio	37
Sujeto de estudio	37

Área de estudio.....	37
Muestra.....	37
Criterios de inclusión	38
Criterios de Exclusión	38
Variables a medir.....	38
Método de recolección de datos	40
DESARROLLO.....	48
CONCLUSIÓN.....	66
BIBLIOGRAFÍA.....	69
ANEXOS	72

INTRODUCCIÓN

La compresión de los mecanismos rotulianos ha sufrido una gran evolución desde los primeros estudios. Actualmente ningún autor cuestiona la importancia de la rótula como hueso sesamoideo.¹ La rótula mejora la eficacia de la contracción del cuádriceps, durante el movimiento de extensión.² Mecánicamente podríamos establecer la analogía de este mecanismo con una palanca de tercer género, denominadas de movimiento. En ellas el factor fuerza es sacrificado en pos de obtener un desplazamiento segmentario amplio: una ligera contracción provoca un amplio movimiento.³

El fútbol es uno de los deportes más practicados a nivel mundial desde hace mucho tiempo atrás con métodos de entrenamiento bien planificados y controlados para el mejor desempeño del futbolista en el campo de juego pero esto no ha garantizado la seguridad ni la integridad física de los jugadores pues existe un mal que siempre ronda en este deporte como son la lesiones de rodilla.⁴

El baloncesto es un deporte de equipo en el que, a pesar de definirse como deporte de no contacto, existe un contacto constante entre competidores, e incluso entre compañeros del mismo equipo. Se trata de un deporte en el que, como es bien conocido,

¹ Martín Urrialde, J.; Martínez Cepa, C.; Pérez Fernández, T. *Actualización en los aspectos biomecánicos de la rótula*. Fisioterapia [revista en línea] 2003; 25 (2): [6 pantallas]. Disponible desde: URL: <http://www.google.com.ar/url?sa=t&source=web&cd=2&ved=0CBoQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.ulosvirtual.cl%2Fcourses%2FULA06%2Fdocument%2FActualizacion%20de%20los%20aspectos%20biomecnicos%20de%20la%20rotula&ei=kgVLTfOmMYL48Ab9peCfDg&usq=AFQjCNErUsvnOlhrZS9SwbjoGV1h0IT6A&cad=rja>

² Martín Urrialde, J.; Martínez Cepa, C.; Pérez Fernández, T. **ibid.**

³ Martín Urrialde, J.; Martínez Cepa, C.; Pérez Fernández, T. **ibid.**

⁴ Cambiasca, C. A. *Influencia de los ejercicios propioceptivos en la prevención de las lesiones de rodilla en los jugadores de fútbol del equipo de la espe entre los 18-25 años de edad en el período Oct – Abril del 2008* [tesis]. Sangolqui: Escuela Politécnica del Ejercito; 2008.

se producen situaciones muy variadas: repetición de gestos, aceleraciones y desaceleraciones bruscas, desplazamientos laterales, saltos, etc.... Además las características antropométricas del jugador de baloncesto son muy peculiares, predominando grandes estaturas y elevados pesos.⁵ Es un deporte que tiene todos los pronunciamientos de base para causar una nutrida patología a nivel de la rodilla. Individuos de gran envergadura, con un peso considerable, corren y salta con permanentes cambios de dirección y de ritmo y frecuentes contactos entre ellos.⁶

Un conocimiento perfecto de la articulación de la rodilla interesa al médico práctico, por ser la articulación más expuesta y menos protegida contra las lesiones mecánicas; razón por la cual experimenta numerosos traumatismos. La articulación de la rodilla es una trocleartrosis que une el fémur a la tibia y la rótula, de modo que por su especial construcción reviste una importancia medular en el proceso de marcha, carrera y salto, a la vez que le corresponde una función estática de primer orden.⁷

El desarrollo de la Biomecánica Deportiva a nivel internacional está permitiendo a los atletas de alto rendimiento una mayor eficiencia en sus carreras y logros deportivos.⁸ El análisis del movimiento humano es una rama de la biomecánica

⁵ Manonelles Marqueta, P.; Tárrega Tarrero, L. *Epidemiología de las lesiones de baloncesto*. Archivos de Medicina del Deporte 1988. Vol. 15, N° 68: [5 pantallas]. Disponible desde: URL: <http://www.google.com.ar/url?sa=t&source=web&cd=3&ved=0CCcQFjAC&url=http%3A%2F%2Ffemede.es%2Fdocumentos%2FEpidemiologia%20lesiones%20baloncesto%20479%2068.PDF&rct=j&q=epidemiologia%20de%20las%20lesiones%20en%20el%20baloncesto&ei=rQtLTcykKoO88gbN3uDiDg&usg=AFQjCNGk16aGFqlwUKBlgoBFGPVZohMK2A&cad=rja>

⁶ Guillen Montenegro, J.; Fernández Fairen, M. *Patología de la rodilla en baloncesto*. Archivos de Medicina del Deporte 1998. Vol. 15, N° 68: [6 pantallas]. Disponible desde: URL: [http://www.google.com.ar/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CBEQFjAA&url=http%3A%2F%2Ffemede.es%2Fdocumentos%2FAMD%252068\(485-490\)1998%2520Patologia%2520rodilla%2520baloncesto.PDF&rct=j&q=patologia%20de%20la%20rodilla%20en%20baloncesto&ei=8QxLTb2sJ4iq8AbblLinDg&usg=AFQjCNF34LEcfJ6TRGIK8Us7WK34fX0r3Q&cad=rja](http://www.google.com.ar/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CBEQFjAA&url=http%3A%2F%2Ffemede.es%2Fdocumentos%2FAMD%252068(485-490)1998%2520Patologia%2520rodilla%2520baloncesto.PDF&rct=j&q=patologia%20de%20la%20rodilla%20en%20baloncesto&ei=8QxLTb2sJ4iq8AbblLinDg&usg=AFQjCNF34LEcfJ6TRGIK8Us7WK34fX0r3Q&cad=rja)

⁷ Góngora García, L.; Rosales García, C. M.; González Fuentes, I. y Pujals Victoria, N. *Articulación de la rodilla y su mecánica articular*. MEDISAN [revista en línea] 2003; 7 (2): [10 pantallas]. Disponible desde: URL: http://bvs.sld.cu/revistas/san/vol7_2_03/san13203.htm

⁸ Suarez, G. R. *Análisis cinemático de los saltadores de alto en Antioquía*. Revista Educación Física y Deporte [revista en línea] 2007. Disponible desde: URL:

“Diferencias en la alineación fémoro rotuliana, entre jugadores de futbol y basquet, durante la carrera y el salto”

ampliamente aceptada como apoyo a la investigación y a la práctica clínica en traumatología y ortopedia.

<http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/educacionfisicaydeporte/article/viewArticle/635>
6

PROBLEMÁTICA

La “buena motricidad humana” sigue los caminos propios de la especie, en estrecha dependencia con las formas de los huesos y articulaciones. Estas formas ya contienen la “idea” del movimiento a ser realizado. Piel, músculos, fascias y huesos participan en conjunto de esta “idea”. Por ejemplo, la articulación coxo-femoral del hombre ya trae en sí, la “idea” de la extensión de los miembros inferiores, una vez que se trata de un ser bípedo. La postura bípeda es un privilegio de esta especie, sus articulaciones evolucionaron para tal posición.⁹

La función y estructura son mutuamente dependientes en el movimiento humano. La acción produce la forma, la forma condiciona la acción, y así sucesivamente la acción reelabora la forma.¹⁰

La categorización de complejidad del movimiento humano ha tenido en vilo a los científicos, fisioterapeutas, ortopedistas, fisiatras, educadores físicos, bioingenieros y a otros profesionales, por cuanto en apariencia dada por la “observación directa” y como fruto de una experiencia tradicional y rutinaria se tiene la sensación de que es lo “correcto y normal” en un movimiento, pero la experiencia científica ha demostrado que pueden existir movimientos aún más complejos y con características cinemáticas y cinéticas muy desconocidas, lo cual requiere de un análisis detallado del movimiento humano con el fin de mejorar las técnicas de entrenamiento, y así, disminuir la presencia de lesiones deportivas.¹¹

⁹ Peroni, L. A. *Las relaciones entre la inestabilidad del apoyo plantar y las alteraciones de la biomecánica de la rodilla* [tesis]. España: Universidad de Córdoba; 2002.

¹⁰ Peroni, L. A. **ibid.**

¹¹ Ramos Parrací, C. A.; López Laiseca, J. D.; Monje Mahecha, J.; Figueroa Calderón, C. J. *Calculo de la pronosupinación subastragalina en deportistas de baloncesto de la Universidad Surcolombiana*. Revista Educación Física y Deporte [revista en línea] 2009. 28 (2): [10 pantallas]. Disponible desde: URL: <http://www.google.com.ar/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=OCBEQFjAA&url=http%3A%2F%2Faprend>

La carrera y el salto son habilidades relevantes en el desempeño de muchos deportes de alto rendimiento, como el básquetbol y el fútbol. La ejecución de estas tareas motoras depende de la acción coordinada de los segmentos del cuerpo humano, la cual es determinada por la interacción entre las fuerzas musculares (moduladas por impulsos de sistema nervioso central) y los momentos netos que se generan alrededor de las articulaciones debido a las demandas mecánicas.

Tanto el Fútbol como el Básquet, a través de los años, se han visto opacados con frecuencia por las diferentes lesiones de rodilla de los jugadores a pesar de los métodos de entrenamiento debidamente planificados para la prevención de lesiones que va incluido en el plan diario de entrenamiento.

En las últimas décadas los análisis biomecánicos de las diferentes técnicas deportivas ha tomado un papel relevante.

Normalmente a la hora de establecer mediciones sobre los factores que determinan la alineación se consideran manifestaciones estáticas, cuando se trata de síndromes cuyas manifestaciones son puramente dinámicas. He aquí donde se plantea la problemática que aborda esta investigación, mediante la cual se intenta determinar funcionalmente si los practicantes de ambas disciplinas (fútbol, básquet), presentan alteraciones propias de la actividad que realizan, en un factor fundamental en la aparición de patologías de rodilla, como lo es la alineación de la rotula.

enlinea.udea.edu.co/2Fvistas/2Findex.php/2Feduccionfisicaydeporte/2Farticle/2FviewFile/2F3082/2F2847&rct=j&q=Calculo%20de%20la%20pronosupinaci%C3%B3n%20subastragalina%20en%20deportistas%20de%20baloncesto%20de%20la%20Universidad%20Surcolombiana&ei=zrBUTf2IE9C4tgfEveWKCg&usg=AFQjCNGldEN5l_8Q7lglr27sUgVGEx-pFg&cad=rja

FUNDAMENTACIÓN

BIOMECÁNICA DE LA RODILLA Y LA ARTICULACIÓN FEMOROPATELAR

La rodilla es una articulación extensa que une el muslo a la pierna, poniendo en contacto tres huesos: fémur., tibia y patella (rótula). Si bien esta articulación se puede considerar como formada por articulaciones yuxtapuestas femorotibiales y femoropatelar, desde el punto de vista fisiológico no existe sino una sola articulación.¹²

Es una articulación sinovial: desde el punto de vista mecánico es una troclear o trocleartrosis, compuesta de dos articulaciones: femorotibial, que es bicondilar y la articulación femoropatelar, que es una trocleana.¹³

Los ligamentos de la rodilla guían los segmentos esqueléticos adyacentes durante los movimientos articulares y las restricciones primarias para la traslación de la rodilla durante la carga pasiva. Las restricciones de fibras de cada ligamento varían en dependencia del ángulo de la articulación y el plano en el cual a rodilla es cargada. La estabilidad de la rodilla está asegurada por los ligamentos cruzados anterior y posterior y los colaterales interno (tibial) y externo (peroneo). El ligamento cruzado anterior (LCA) tiene la función de evitar el desplazamiento hacia delante de la tibia respecto al fémur; el cruzado posterior (LCP) evita el desplazamiento hacia atrás de la tibia en relación al fémur.¹⁴

Los ligamentos laterales brindan una estabilidad adicional a la rodilla; así, el colateral externo (LLE), situado en el exterior de la rodilla, impide que se desvíe hacia adentro, mientras que el colateral interno o tibial (LLI) se sitúa en el interior de la

¹² Latarjet, M.; Ruiz Liard, A. "Anatomía Humana". 3ra. Edición. Buenos Aires, Argentina: Médica Panamericana, 1999.

¹³ Latarjet, M.; Ruiz Liard, A. ***ibid.***

¹⁴ Góngora García, L.; Rosales García, C. M.; González Fuentes, I. y Pujals Victoria, N. ***Op. Cit.***

“Diferencias en la alineación fémororotuliana, entre jugadores de fútbol y basquet, durante la carrera y el salto”

articulación, de forma que impide la desviación hacia afuera, y su estabilidad depende prácticamente de los ligamentos y los músculos asociados.¹⁵

Mientras que los esfuerzos combinados de ligamentos y otros tejidos blandos suministran a la rodilla buena estabilidad en condiciones cuando las cargas aplicadas a la articulación son moderadas, la tensión aplicada a estos tejidos durante alguna actividad agresiva (detener o cambiar con rapidez la dirección en ciertos deportes) suele exceder su fuerza. Por esta razón se requieren fuerzas estabilizadoras adicionales para mantener la rodilla en una posición donde la tensión de los ligamentos permanezca dentro de un rango seguro. Las fuerzas compresivas de la rodilla, resultantes del soporte del peso del cuerpo y las cargas aplicadas a los segmentos articulares por actividad muscular, suministran estas fuerzas estabilizadoras.¹⁶

LAS INSERCCIONES MÚSCULOLIGAMENTOSAS ROTULIANAS

La rótula es clasificada por muchos autores como un hueso sesamoideo, par y no simétrico que forma el esqueleto anterior de la rodilla, de forma triangular y, se forma a expensas de un núcleo de osificación sobre los 3-4 años en varones y 5-6 años en las mujeres.¹⁷

Sistema de Contención Transversal

El sistema retinacular profundo patelar, también llamado alerón o ligamento alar consiste en una serie de fibras aponeuróticas que unen el borde de la rótula, con sus respectivos cóndilos.¹⁸

¹⁵ Góngora García, L.; Rosales García, C. M.; González Fuentes, I. y Pujals Victoria, N. **Op. Cit.**

¹⁶ Góngora García, L.; Rosales García, C. M.; González Fuentes, I. y Pujals Victoria, N. **Op. Cit.**

¹⁷ Cañellas Trobat, A. *La Rótula humana: Análisis morfológico, antropológico y patológico* [tesis doctoral]. Granada (España): Universidad de Granada; 2006.

¹⁸ Cañellas Trobat, A. **Ibid.**

La masa principal del ligamento lateral corre desde el borde lateral de la rótula y el tendón rotuliano a la cara anterior de la banda iliotibial. Con el incremento de la flexión, la banda iliotibial se desplaza posteriormente, aumentando el empuje lateral de la rótula. Si esto ocurre sobre estabilizadores débiles, puede producirse la inclinación lateral o subluxación de rótula.

El retináculo medial es una expansión del vasto interno y se inserta en los dos tercios superiores de la cara medial de la rótula. Se describen dos tipos de fibras: el ligamento rotuliano femoral medial, que se inserta en el epicóndilo femoral medial y el ligamento rotuliano tibial medial que se inserta en el menisco medial y en la tibia.¹⁹ En los esfuerzos laterales bruscos de la rodilla, los ligamentos laterales no son los únicos que aseguran la estabilidad de la rodilla, sino que también intervienen otros elementos activos -los músculos- que desempeñan un papel principal en la estabilidad de la rodilla.²⁰

El ligamento lateral externo recibe ayuda de la cintilla de Maissiat, tensada por el tensor de la fascia lata. El ligamento lateral interno recibe ayuda de la contracción de los músculos de la pata de ganso: sartorio, semitendinoso y recto interno. Debido a la expansión del tracto iliotibial, las estructuras externas son más fuertes que las internas.²¹

Sistema de Contención Longitudinal

El sistema de contención longitudinal viene a estar representado por los elementos componentes del aparato extensor de la rodilla, representados casi exclusivamente por el cuádriceps y actúan sobre el plano frontal y fundamentalmente en el plano sagital.

¹⁹ Del Mar Carrión Martín, M. *Influencias de las variables clínicas y radiológicas en la evolución de los pacientes con síndrome doloroso patelar* [tesis]. España: Universidad de Granada; 2008

²⁰ Del Mar Carrión Martín, M. ***ibid.***

²¹ Del Mar Carrión Martín, M. ***ibid.***

“Diferencias en la alineación fémororotuliana, entre jugadores de futbol y basquet, durante la carrera y el salto”

En el plano frontal la acción del cuádriceps tracciona la rótula hacia arriba y hacia fuera en razón de la dirección de sus fibras musculares. El vasto lateral y el recto anterior suman acciones en tal sentido. El crural la tracciona directamente hacia arriba y solamente el vasto medial, a través de sus fibras más distales que tienen una dirección casi transversal y toman inserción muy cerca al borde rotuliano súpero-interno, la tracciona hacia arriba y medialmente. Esta acción del vasto medial es esencial en los últimos 15° de extensión, cuando se produce el atornillamiento de la rodilla y la T.T.A se coloca mas externa, aumentando el valgo del aparato extensor.²²

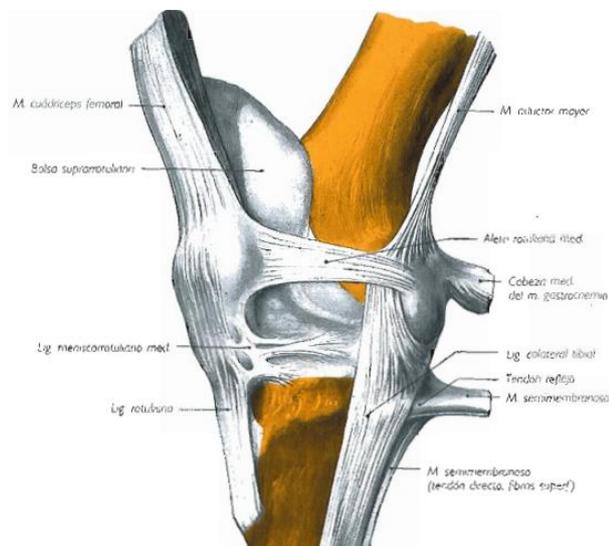


Fig. 1. Articulación de la rodilla. (Cara medial). Contención cruciforme. Extraído desde: Anatomía Humana, Descriptiva, Topográfica y Funcional. Rouviere, H.; Delmas, A.

En el plano lateral o sagital, la estabilización muscular de la articulación femoropatelar se logra mediante la aparición del componente de reflexión, que es el vector resultante de las fuerzas de contracción del cuádriceps y, la del tendón rotuliano,

²² Vilalta Bou, C. *El adelantamiento de la tuberosidad tibial anterior en el tratamiento de la artrosis rotuliana* [tesis doctoral]. Barcelona (España): Universidad de Barcelona; 2001.

aplicando la rótula fuertemente contra la tróclea femoral en un eje transversal de flexo-extensión. Esta presión será variable de acuerdo al grado de flexión de la rodilla.²³

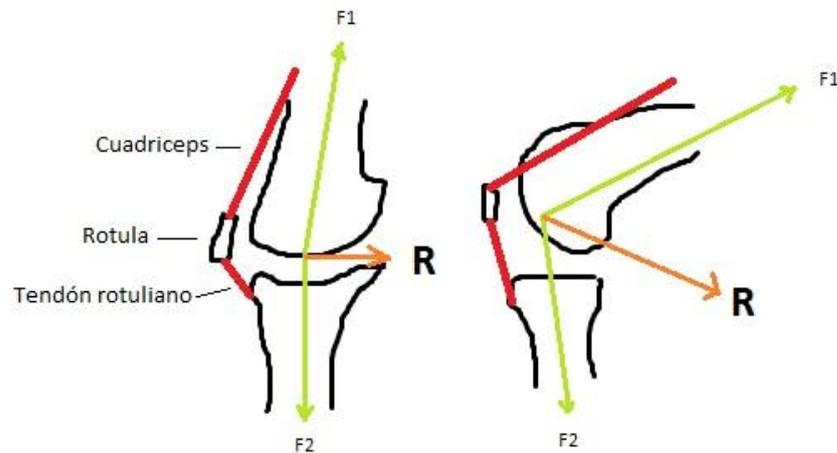


Fig. 2. Fuerzas de reacción básicas en la articulación femoropatelar. Extraído desde: <http://www.muscleblog.es/2010/09/biomecanica-de-la-rodilla-y-lesiones-sentadilla-profunda-vs-sentadilla-horizontal/>

Función del aparato extensor

La rótula está fuertemente amarrada a la cara anterior de la rodilla según un dispositivo de anclaje cruciforme ²⁴:

- Distalmente por el tendón rotuliano que, desde su porción inferior, en su anclaje en el ápex o vértice distal, ala tuberosidad tibial anterior (TTA).
- Proximalmente por el tendón cuadricipital, como resultado de la fusión de los cuatro elementos musculares del cuádriceps: recto anterior, crural, vasto medial y vasto lateral.
- Lateralmente por el refuerzo capsular del alerón externo (complejo retinacular), formado por el vasto lateral al que refuerza la expansión rotuliana de la fascia lata.

²³ Vilalta Bou, C. **Op.Cit.**

²⁴ Cañellas Trobat, A. **Op. Cit.**

“Diferencias en la alineación fémororotuliana, entre jugadores de fútbol y basquet, durante la carrera y el salto”

- Medialmente, por el refuerzo del alerón interno o medial o retináculo del vasto medial que se dirige a epicóndilo medial.

Este anclaje cruciforme no es simétrico. Las fibras musculares convergen en el tendón cuadricepsital, siguen la dirección oblicua que les marcan sus inserciones proximales e individuales, merced al eje anatómico diafisario del fémur que se a decantando lateralmente a medida que se acerca a la cadera, imposición relacionada por la mayor anchura de la pelvis.²⁵

La rótula está sometida a una sollicitación lateral por la acción del aparato extensor lateralizado, implementado por la mayor tonicidad del retináculo lateral, y expansiones de la fascia lata. Es lo que constituye la llamada “ley del valgo”, que según Vilalta Bou ²⁶ se expresa como un equilibrio inestable de la rótula, produciendo el vector del valgo (con la resistencia del retináculo medial y la fuerza del vasto medial) siendo la antesala de muchos trastornos y patologías.

El ángulo Q surge como uno de los orígenes de este desplazamiento lateral.²⁷ La importancia del mismo es incuestionable y la única barrera al desplazamiento lateral de la rótula. La presencia de este valgo fisiológico, inducido por el ángulo Q, hace posible la deambulación, y es una característica diferencial de la misma.²⁸

²⁵ Cañellas Trobat, A. **Op. Cit.**

²⁶ Vilalta Bou, C. **Op. Cit.**

²⁷ Martín Urrialde, J.; Martínez Cepa, C.; Pérez Fernández, T. **Op. Cit.**

²⁸ Martín Urrialde, J.; Martínez Cepa, C.; Pérez Fernández, T. **Op. Cit.**

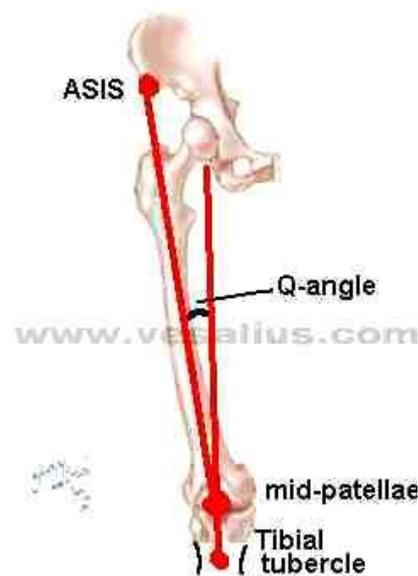


Fig. 3. Ángulo Q. Extraído desde: <http://notasderehabilitacion.blogspot.com/2008/12/un-caso-de-luxacin-rotuliana.html>

El vasto interno oblicuo, así llamado por la dirección oblicua de sus fibras musculares, es el mayor estabilizador dinámico de la rótula, encargándose de mantenerla centrada en el sulcus femoral mientras se realiza el movimiento de flexión, actuando como estructura de resistencia al desplazamiento lateral. La orientación horizontal de las fibras del vasto medial oblicuo le dan una ventaja mecánica para restringir el desplazamiento lateral de la rótula. Alcanza su orientación más eficiente en la flexión profunda, pero en esta posición se ha demostrado que la geometría troclear y la compresión articular son las responsables primarias de la estabilidad patelar, independientemente de los tejidos blandos.²⁹

²⁹ Del Mar Carrión Martín, M. **Op. Cit.**
Abatedaga, Mario

LA RÓTULA

Función de la rótula

El papel de la rótula es fundamental en la flexo-extensión de rodilla porque ³⁰:

- a. Refuerza el músculo cuádriceps en la extensión activa de la rodilla, al aumentar el ángulo de ataque del tendón rotuliano sobre la tibia.
- b. Disminuye considerablemente la fricción del tendón cuadricepsal, lo que facilita el deslizamiento del aparato extensor.
- c. Guía la contracción del cuádriceps, centrando las fuerzas divergentes de sus 4 componentes musculares.

El espesor de la rótula desplaza al tendón rotuliano fuera del punto de contacto femorotibial a lo largo de toda la amplitud del movimiento y por ello aumenta el brazo de palanca del tendón rotuliano.³¹

Al distanciar hacia delante el vector de tracción muscular, respecto al centro de giro de la rodilla, aumenta el brazo de palanca, con el consiguiente incremento de la potencia de extensión de la rodilla.³²

Cinemática fémoropatelar

En extensión completa, la rótula se aloja en una pequeña depresión de lecho más o menos aplanado, o fosa supratroclear (situada por encima del borde proximal condral) en la zona lateral, revestida de tejido fibroso a modo de lengua de prolongación (la

³⁰ Vilalta Bou, C. **Op. Cit.**

³¹ Del Mar Carrión Martín, M. **Op. Cit**

³² Del Mar Carrión Martín, M. **Op. Cit**

mayoría de las veces) no presentando forma alguna subcondral accesoria. Es una fosita de reposo, para la mayor parte de la superficie posterior articular de la rótula, al estar la rodilla en extensión completa.³³

El primer tejido blando restrictivo es el ligamento patelofemoral medial y juega un papel muy importante en la restricción del desplazamiento lateral patelar; contribuyendo a más del 50% de las fuerzas de estabilización. Sin embargo, su influencia es significativa solamente en los primeros 20 grados de flexión. Conforme la rodilla progresa en la flexión, la geometría troclear, congruencia fémororotuliana, profundidad del ángulo y cara lateral de la tróclea supone una restricción mayor para el desplazamiento.³⁴

No todo el arco de movimiento es igual de peligroso. Los primeros grados de flexión de la rodilla, son los más comprometidos en la cinética femoropatelar, ya que en este momento el valgo es máximo, en cambio la presión y la profundidad de la tróclea son mínimas.³⁵ Así en los 20° primeros de flexión, la fuerza necesaria para conseguir un desplazamiento lateral de la rótula es mínima. Con flexiones mayores de 30°, la rótula se introduce caudalmente en el surco intercondilar, centrándose con respecto a este surco.³⁶

La rótula sigue una trayectoria normal que incluye la desviación, la inclinación y la rotación externas. De este modo, el movimiento normal de la rotula sigue una curva lateral cóncava que se va haciendo medial conforme esta entra en el surco troclear y la tibia rota, y continua el curso del surco hasta que la rodilla llega a 90° de flexión.³⁷

³³ Cañellas Trobat, A. **Op. Cit.**

³⁴ Del Mar Carrión Martin, M. **Op. Cit**

³⁵ Cañellas Trobat, A. **Op. Cit.**

³⁶ Del Mar Carrión Martin, M. **Op. Cit**

³⁷ Del Mar Carrión Martin, M. **Op. Cit**

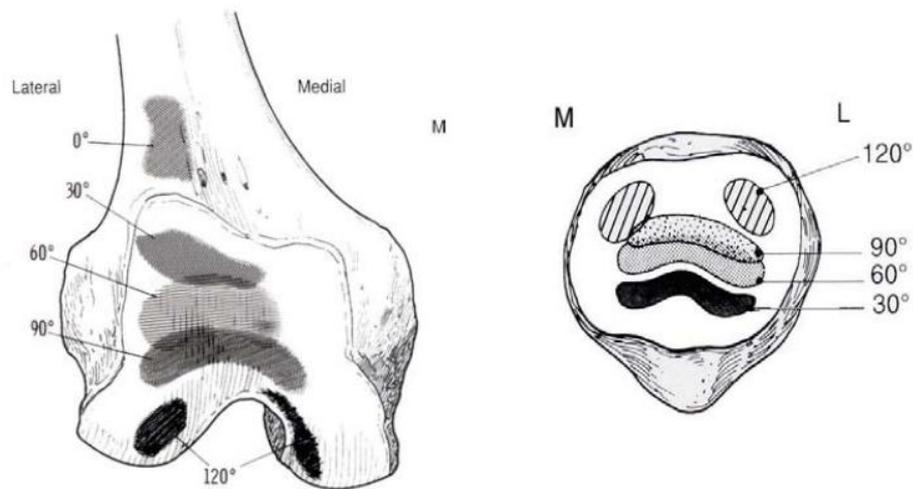


Fig. 4. Zonas de contacto fémorrotulianas. Cañellas Trobat, A. *La Rótula humana: Análisis morfológico, antropológico y patológico*, 2006.

A los 60° de flexión la rótula está alojada en el fondo de la escotadura intercondílea, sin ejercer prácticamente ningún papel como polea de reflexión. Dicha función se inicia a partir de los 60°, al extender la rodilla, de forma que, con el desplazamiento de la rótula hacia delante, el momento de fuerza del cuádriceps aumenta considerablemente hasta llegar a los 15° de flexión, momento en el cual su función como polea queda nuevamente anulada.³⁸

La inversión de los factores desestabilizantes se presentan cuando la tibia realiza un movimiento continuado de rotación interna junto a la flexión. La tuberosidad tibial anterior se va medializando y va disminuyendo progresivamente el ángulo Q, quedando anulado (0°) a los 90° de flexión, al ser el eje patelar-TTA, perpendicular al eje biepicondilar femoral.³⁹

³⁸ Del Mar Carrión Martín, M. **Op. Cit**

³⁹ Cañellas Trobat, A. **Op. Cit.**

Lesiones de la rodilla relacionadas con el un desplazamiento rotuliano anormal

Muchos problemas fémoro-patelares son causados por variaciones anatómicas de la rótula o anormalidades de los cóndilos femorales que pueden requerir realineamiento quirúrgico de la rótula u osteotomía del fémur, caso de no responder bien al tratamiento conservador consistente en el equilibrio muscular. Son relacionados como factores procatárticos: alineación de la tróclea femoral, alteraciones de las carillas articulares y de la cresta posterior de la rótula, alteraciones en el contacto fémoro-patelar (ángulo Q), rodilla valga, aumento de la anteversión del cuello femoral, rotación interna de la tibia, lateralización de la posición de la tuberosidad anterior de la tibia, rótula bipartida, entre otros.⁴⁰

Según Peroni ⁴¹, estos factores pueden causar las siguientes patologías:

- a) Desplazamientos patelares
- b) Subluxaciones patelares
- c) Síndrome de la compresión patelar lateral
- d) Síndrome del dolor fémoro-patelar
- e) Condromalacia patelar
- f) Síndrome de la plica sinovial dolorosa
- g) Osteocondritis disecante
- h) Rótula bipartida dolorosa

⁴⁰ Peroni, L. A. **Op. Cit.**

⁴¹ Peroni, L. A. **Op. Cit.**

CINEMÁTICA DE LA CARRERA

La carrera es una forma de locomoción bípeda, utilizada en la mayoría de las actividades físicas y deportivas, en las que se requiere un rápido desplazamiento del cuerpo. Está caracterizada por la existencia de una fase de apoyo unipodal, que transcurre durante, aproximadamente, el 35-50% del tiempo de duración de una zancada, y una fase de vuelo, donde los dos pies despegan del suelo durante el 50-65% restante. La unidad básica para el estudio de la carrera es la zancada. Un ciclo completo de carrera está compuesto por dos zancadas, es decir, desde el instante en que un pie toma contacto con el suelo hasta que el mismo pie vuelve a contactar, después de transcurridas dos fases de vuelo.⁴²

Este gesto es ejecutado de forma peculiar por cada corredor, de ahí que no haya dos atletas que corran exactamente igual ya que cada uno se caracteriza por una estructura morfológica y de aptitud física que condiciona la forma de correr.⁴³ Desde la perspectiva del comportamiento motor, la carrera es considerada como un gesto cíclico y cerrado, cuyo control se realiza predominantemente por los circuitos de feedback interno (propioceptivo).⁴⁴

⁴² Ferro Sanchez, A. *La carrera de velocidad: metodología de análisis biomecánico*. 3° Ed. Madrid, España: Librería Deportiva Esteban Sanz, 2001.

⁴³ Latorre Romám, P. A.; Soto Hermoso, V. M. *Efectos de la fatiga en los parámetros cinemáticos de corredores de fondo a velocidades competitivas*. Biomecánica [revista en línea] 2002. 10 (2): [11 pantallas]. Disponible desde: URL: <http://upcommons.upc.edu/revistes/handle/2099/6743>

⁴⁴ Latorre Romám, P. A.; Soto Hermoso, V. M. ***Ibid.***
Abatedaga, Mario

FASES DE LA CARRERA

Según Ferro Sánchez ⁴⁵ son:

► Fase de apoyo

Instantes característicos

- Contacto: instante de inicio del movimiento, en la que cualquier parte del pie apoya en el suelo, generalmente el talón, mediopié o antepié.
- Apoyo plantar: instante en que se produce el apoyo de toda la plante del pie.
- Apoyo CDG: instante en que la proyección del centro de gravedad (CDG) pasa sobre la articulación de los metatarsianos.
- Despegue talón: instante en que el talón despega del suelo.
- Despegue de la punta del pie: instante en que el pie abandona el suelo.

SUBFASES

- Fase de recepción o frenado.
- Fase de transición.
- Fase de impulso o propulsiva.

► Fase de vuelo

INSTANTES CARACTERÍSTICOS

- Altura máxima de CDG: instante en que el centro de gravedad alcanza su máxima altura.
- Velocidad máxima del muslo. Instante en que el segmento muslo alcanza su máxima velocidad anteroposterior.

⁴⁵ Ferro Sanchez, A. **Op. Cit.**
Abatedaga, Mario

“Diferencias en la alineación fémororotuliana, entre jugadores de fútbol y basquet, durante la carrera y el salto”

- Contacto del pie contrario: instante en que el pie contrario toma contacto con el suelo.

SUBFASES

- Fase de recobro: incremento de tiempo comprendido desde que el pie despega del suelo hasta que el CDG alcanza la altura máxima.
- Fase de avance: incremento de tiempo comprendido entre el instante en que el CDG alcanza su altura máxima hasta que el pie contrario contacta de nuevo con el suelo.

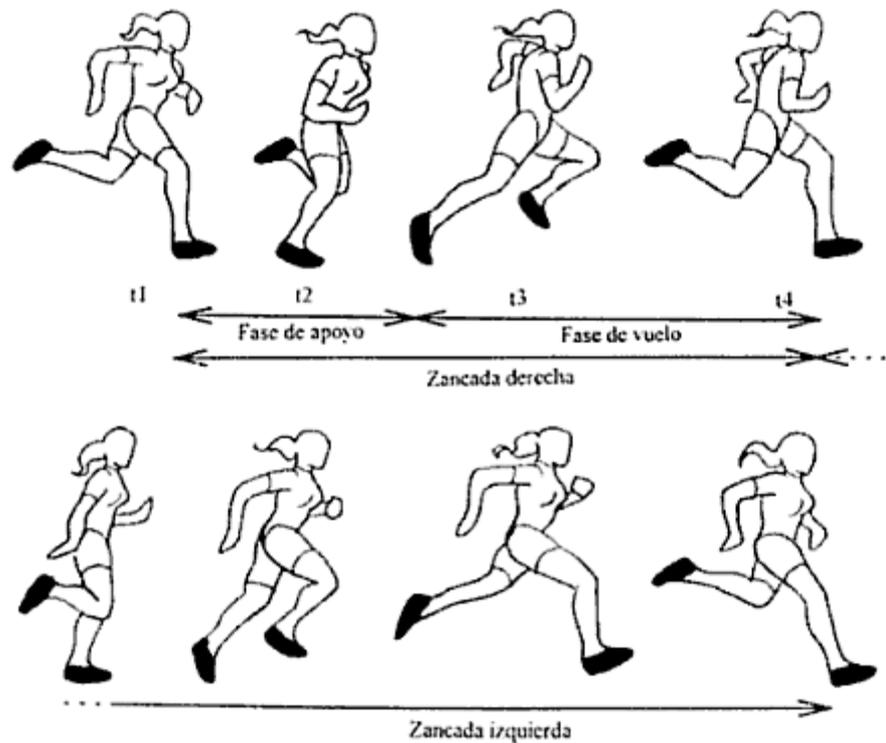


Fig. 5. Fases del ciclo de carrera. Extraído desde: Ferro Sánchez, A. *La carrera de velocidad: metodología de análisis biomecánico*, 2001.

La carrera difiere de la marcha en que su periodo de doble apoyo es eliminado y sustituido por una fase de vuelo comprendida entre el instante en que el pie de apoyo se

despega del suelo hasta que el contrario contacta con él. La mayor parte de la fuerza es aportada por los músculos extensores de la pierna de apoyo y el pie, proporcionando mayor avance y elevación al cuerpo; este permanece en el aire durante el tiempo que permite la componente vertical de la fuerza propulsiva. La pierna libre se mueve hacia adelante y, posteriormente, hacia atrás para tomar contacto con el suelo realizando un movimiento rápido. En el contacto, el pie se sitúa bajo la rodilla y tan próximo como sea posible a la línea del centro de gravedad del cuerpo; de esta manera, en el momento de aterrizaje, la fuerza de reacción del suelo tiene una componente fundamentalmente vertical hacia arriba y la fuerza de frenado es nula o muy reducida.⁴⁶

Dado que el pie contacta en el suelo cerca de la línea de la gravedad, es posible aterrizar con el antepié, mediopié o el talón. En función de la velocidad, el contacto es distinto.⁴⁷

Con relación a la marcha, los tiempos de apoyo en la carrera disminuyen con el aumento de la velocidad por lo que, en un reducido intervalo de tiempo, se debe producir una rápida absorción del impacto, una desaceleración de la pierna de apoyo para tomar contacto con el suelo, una estabilización lateral del pie y una aceleración del centro de gravedad, necesaria para el despegue. Todo ello debe transcurrir en, aproximadamente, la tercera parte como mínimo del tiempo que se emplea en una marcha a velocidad normal.⁴⁸

DESPLAZAMIENTO DEL CENTRO DE GRAVEDAD

Respecto al movimiento del centro de gravedad del deportista durante el ciclo, los investigadores más sobresalientes coinciden en que se produce un movimiento

⁴⁶ Ferro Sanchez, A. **Op. Cit.**

⁴⁷ Ferro Sanchez, A. **Op. Cit.**

⁴⁸ Ferro Sanchez, A. **Op. Cit.**

“Diferencias en la alineación fémororotuliana, entre jugadores de fútbol y basquet, durante la carrera y el salto”

sinusoidal. La trayectoria del centro de gravedad muestra un ascenso y una caída, en cada zancada, en el plano sagital; en el contacto, éste desciende y alcanza su punto más bajo trascurridos unos instantes para después elevarse mientras el cuerpo avanza en el despegue.

En el sentido mediolateral, en el plano horizontal, se produce también un movimiento sinusoidal cuyos valores máximos corresponden al paso alternativo del miembro inferior derecho e izquierdo en el momento en que estos soportan totalmente el peso del cuerpo. En cada ciclo de carrera se producen dos oscilaciones completas en sentido vertical y una en sentido mediolateral.⁴⁹

MECANISMOS ARTICULARES EN LA CARRERA

El patrón articular manifestado en el movimiento de la carrera del miembro superior e inferior se modifica continuamente a lo largo del ciclo.⁵⁰

La flexión de la rodilla aumenta como la extremidad inferior absorbe el peso del cuerpo (la respuesta de carga) hasta que el centro de gravedad se traslada en frente de la rodilla, y en ese momento, la rodilla se empieza a extender. La cadera es llevada a la flexión un poco más durante la carga de respuesta, después de lo cual, comienza a extenderse. Las tres cabezas de los vastos y el recto femoral son contraídos para estabilizar la rodilla durante la carga de respuesta. Sin esta contracción, indudablemente la rodilla se doblaría, ya que soporta el peso corporal.⁵¹

⁴⁹ Ferro Sanchez, A. **Op. Cit.**

⁵⁰ Ferro Sanchez, A. **Op. Cit.**

⁵¹ Montgomery, W. H.; Pink, M.; Perry, J. *Electromyographic Analysis of Hip and Knee Musculature During Running*. The American Journal of Sports Medicine [revista en línea] 1994. 22 (272): [8 pantallas].

Disponible desde: URL: <http://ajs.sagepub.com/content/22/2/272.full.pdf+html>

La línea de tracción oblicua de los vastos medial y lateral es aparentemente más vital en la estabilización de la rótula sobre el surco troclear que era la línea recta de la tracción de los músculos intermedios. El aductor mayor, menor el glúteo mayor, y el tensor de la fascia lata también se activan durante la carga respuesta cuando se produce un impulso hacia adelante, sino que funcionan para estabilizar la cadera medial, lateral, y posteriormente.⁵²

Como el centro de gravedad se trasladó al frente de la rodilla, la cabeza larga del músculo bíceps femoral inicia la extensión de la cadera. Inmediatamente después de la extensión de la cadera, la cabeza corta del músculo bíceps femoral demostró un pico de contracción excéntrica para controlar la extensión de la rodilla.⁵³

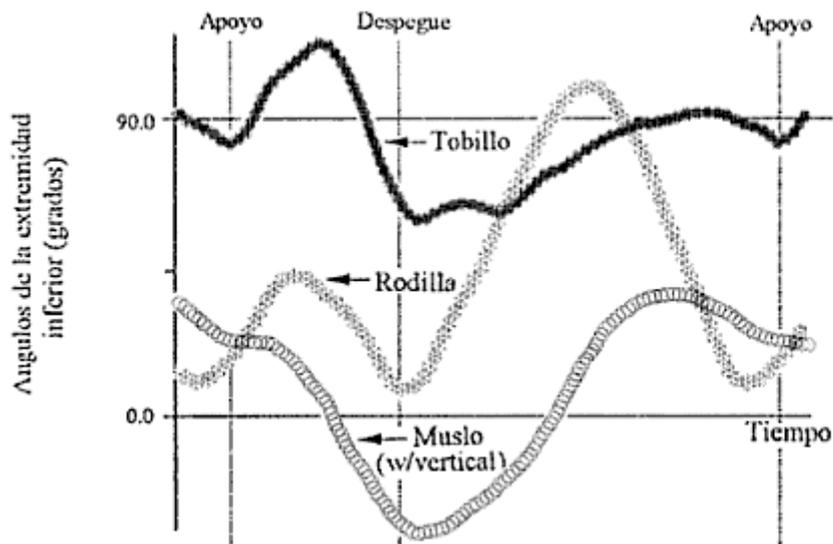


Fig. 6. Curvas cinemáticas de la cadera, rodilla y tobillo. Extraído desde: Ferro Sánchez, A. *La carrera de velocidad: metodología de análisis biomecánico*, 2001.

Cuando la pierna toma contacto con el suelo, el muslo de la pierna libre se mueve rápidamente hacia adelante y arriba.⁵⁴

⁵² Montgomery, W. H.; Pink, M.; Perry, J. **Op.Cit.**
⁵³ Montgomery, W. H.; Pink, M.; Perry, J. **Op. Cit.**
⁵⁴ Ferro Sánchez, A. **Op. Cit.**

Durante la fase inicial de recobro de la pierna, la cadera realiza una rápida flexión y el segmento pierna se aproxima rápidamente al muslo mediante una flexión de rodilla. Muchos investigadores han señalado que esta rápida flexión sirve para reducir la resistencia rotacional de la pierna alrededor del eje de la cadera con lo que se consigue mover ésta adelante con un menor esfuerzo. La energía cinética de la pierna libre es más alta cuando está pegada al muslo; es decir, cuando se halla en la máxima flexión de rodilla porque entonces el momento de inercia es menor.⁵⁵

La flexión de la rodilla en las carreras de velocidad debe ser fundamentalmente producida como resultado de una reacción frente a la vigorosa extensión producida durante la propulsión y, por tanto, los elevados valores de energía cinética no se deben solamente al esfuerzo muscular.⁵⁶

A velocidades máximas, se encontró que el muslo rota hacia atrás y extiende la cadera tras alcanzar su posición más adelantada en el vuelo, normalmente al final del periodo de apoyo en la pierna opuesta. El segmento pierna continua extendiéndose durante la rotación hacia atrás del muslo. Sin embargo, alrededor de la mitad del vuelo y, a lo largo de la fase final de recobro de la pierna opuesta, la extensión de la rodilla finaliza y dicho segmento también se mueve hacia atrás, alrededor de la articulación de la rodilla (flexión), justo antes del contacto. Se indica que en el momento del nuevo contacto, el pie se está moviendo ligeramente hacia adelante en relación al suelo pero hacia atrás en relación al cuerpo.⁵⁷

⁵⁵ Ferro Sanchez, A. **Op. Cit.**

⁵⁶ Ferro Sanchez, A. **Op. Cit.**

⁵⁷ Ferro Sanchez, A. **Op. Cit.**

CINEMÁTICA DEL SALTO

El objetivo de los saltos es transportar el centro de gravedad (C.G.) del cuerpo, más alto o más lejos. Desde el punto de vista mecánico, esto implica la necesidad de vencer todas las resistencias externas mediante un trabajo de gran magnitud, aprovechando al máximo las energías disponibles.⁵⁸

Todo movimiento corporal que busca alcanzar una elevada velocidad (salto, lanzamiento, etc.), debe ser precedido por un movimiento de impulso de sentido opuesto. Al frenar dicho movimiento de sentido negativo, se generará una fuerza positiva de aceleración, disponible ya al comienzo del movimiento a ejecutar propiamente dicho, cuando la transición entre ambas fases se hace fluidamente.

En un salto sencillo, sin un movimiento impulsivo previo suficientemente fuerte, la fuerza muscular del sujeto y la fuerza de gravedad están igualadas:

Resultante de $F=0$

Tan pronto como la fuerza muscular supera al peso corporal (y la resultante de F se hace positiva), comienza el movimiento. La fuerza muscular sigue creciendo con lo que el centro de gravedad recibe mayor aceleración, o lo que es lo mismo, aumenta su velocidad. En el momento en que las articulaciones de los segmentos de impulso quedan totalmente extendidas, comienza la fase de vuelo. El centro de gravedad ha alcanzado su velocidad máxima, y termina la acción positiva de la resultante de F , que vuelve a ser

⁵⁸ Rodríguez Facal, F. *Entrenamiento de la capacidad de salto: la saltabilidad de los distintos deportes*. Buenos Aires, Argentina: Stadium, 1993.

igual a 0 en el momento del despegue, para pasar a ser negativa durante la fase de vuelo, en la que sólo actúa la fuerza de gravedad. La ausencia de un impulso previo, exige un tiempo determinado para que la resultante de F alcance el valor suficiente para que se produzca el salto.⁵⁹

Rodríguez Facal ⁶⁰ enumera los siguientes **aspectos técnicos mecánicos** como fundamentales a saber:

- a. *Trayectoria*: es la línea parabólica recorrida por el centro de gravedad de un deportista durante el salto; se extiende sobre un plano vertical.
- b. *Origen de la trayectoria*: es el punto O, ocupado por el centro de la gravedad del sujeto en el instante en que uno o ambos pies se despegan del suelo.
- c. *Horizonte del centro de gravedad en el pique*: es el plano horizontal que contiene el origen de la trayectoria (O).
- d. *Horizonte de suelo*: Es el plano horizontal que contiene a la superficie del suelo.
- e. *Punto de arribo*: es el punto R, en el cual se encuentra el centro de gravedad en el momento en que los pies del deportista toman contacto con el suelo nuevamente después del salto.
- f. *Línea de situación*: cuando el individuo que salta retoma su contacto con el suelo, su centro de gravedad se encontrará generalmente en una cota diferente a la que tenía al comienzo del vuelo. Se llama “línea de situación” a la recta que une el punto de arribo R, con el origen de la trayectoria O.
- g. *Parábola*: es la distancia existente entre el punto O y el punto Q, que es aquel en el centro de gravedad, en su caído, se encuentra con el horizonte del centro de gravedad en el pique.
- h. *Punto de caída*: Es el punto Q que delimita la parábola del salto.

⁵⁹ Rodríguez Facal, F. **Op. Cit.**

⁶⁰ Rodríguez Facal, F. **Op. Cit.**

- i. *Velocidad de proyección*: o velocidad inicial, es la que posee el centro de gravedad del saltador en el instante del pique.
- j. *Línea de proyección*: es la dirección en la que se dirige el vector de la velocidad inicial, y coincide con la tangente a la trayectoria en el punto de origen (O).
- k. *Ángulo de proyección*: es el que forma la horizontal del centro de gravedad en el pique, con la línea de proyección.
- l. *Ángulo de situación*: es el formado por la horizontal del centro de gravedad en el pique con la línea de situación.
- m. *Ángulo de partida*: es la suma de los ángulos de proyección y de situación.
- n. *Altura de salto*: es la altura mayor alcanzada por el centro de gravedad del sujeto que salta, con respecto a la horizontal del centro de gravedad en el pique.

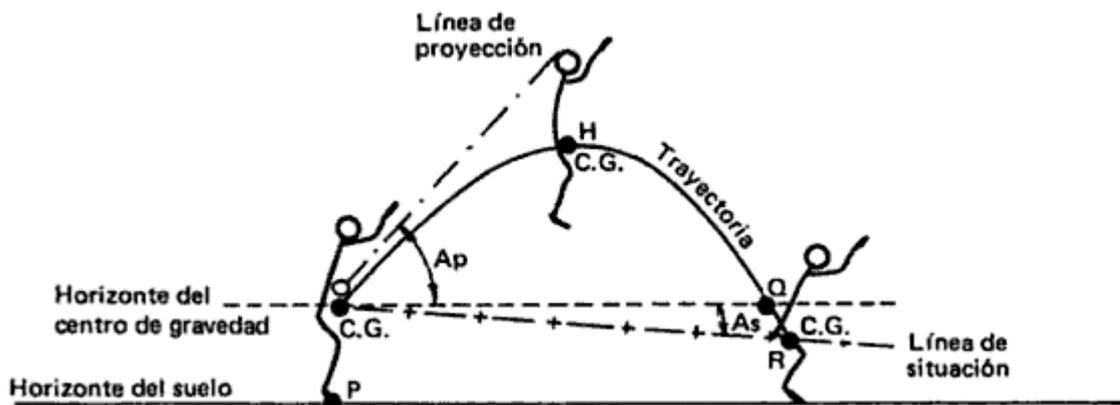


Fig. 7. Secuencia de despegue y recepción. Extraído desde: Rodríguez Facal, F. *Entrenamiento de la capacidad de salto: la saltabilidad de los distintos deportes*, 1993.

El rendimiento de un salto deportivo, depende en su complejidad de diversos factores

⁶¹:

1. La altura del centro de gravedad del sujeto en el momento del pique.

⁶¹ Rodríguez Facal, F. **Op. Cit.**
Abatedaga, Mario

2. La posición del centro de gravedad del saltador, con respecto a la vertical que pasa por el punto de pique (P).
3. La altura de vuelo del centro de gravedad del deportista, en el punto más alto de la trayectoria.

La altura del centro de gravedad en el momento del pique, está determinada por:

- a) fundamentalmente, los parámetros antropométricos tales como la masa de los diferentes segmentos corporales, y la longitud de los mismos; b) la inclinación del cuerpo en el momento del pique; c) la posición de los segmentos libres.

La altura del salto está condicionada por la velocidad vertical en el momento del despegue y del ángulo con el que se proyecte el centro de gravedad. La velocidad vertical, por su parte, depende de la diferencia de altura del centro de gravedad entre el principio y final de la batida, y del tiempo en que se tarda en recorrer esta distancia. Cuanto mayor sea la distancia y menor el tiempo, mayor será, en principio el componente vertical de la velocidad, aunque en cualquier caso se deberán tener en cuenta las características musculares de los sujetos.⁶²

En relación con la diferencia entre los grupos musculares, el rendimiento de la musculatura de la cadera parece ser la que más correlación tiene con el rendimiento en el salto vertical. Solamente la fuerza de la musculatura de la rodilla, tiene una correlación más fuerte que su homóloga en la cadera, aunque la musculatura del glúteo mayor junto con los vastos, son los mayores generadores de energía durante la acción máxima del salto vertical.⁶³

⁶² Sáez de Villarreal, E. *Variables determinantes en el salto vertical*. Efdportes [revista en línea] 2004. N° 70: [10 pantallas]. Disponible desde: URL: <http://www.efdeportes.com/efd70/salto.htm>

⁶³ Sáez de Villarreal, E. ***Ibid.***

La técnica del salto adquiere un papel importante, pues a través de ella se pueden mitigar las fuerzas de reacción verticales en la caída y de esta manera es probable que se pueda reducir el riesgo de lesión.⁶⁴

⁶⁴ Rubio, J. A.; Abián, J.; Alegre, L. M.; Amador, J. L.; Almudena, M.; Aguado, X. *Capacidad de salto y amortiguación en escolares de primaria*. Archivos de Medicina del Deporte [revista en línea] 2007. 24 (120): [10 pantallas]. Disponible desde: URL: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2370101>

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Determinar la existencia de variaciones en la alineación de la rótula en la rodilla de jugadores de futbol y de básquet, durante la mecánica de carrera y salto.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los valores del ángulo Q funcionalmente y durante la realización de la mecánica de salto y carrera.
- Establecer la incidencia de la pronosupinación del calcáneo en la alteración fémoro rotuliana.
- Arribar a un prototipo de apoyo plantar de ambos deportistas.
- Analizar el comportamiento cinemático de la articulación del tobillo y de la rodilla de ambos miembros inferiores, durante la fase de recepción del salto.
- Analizar el comportamiento cinemático de la articulación del tobillo y de la rodilla de ambos miembros inferiores, durante la fase de apoyo de la carrera.
- Demostrar la existencia de diferencias en los valores del ángulo Q medidos funcionalmente y estáticamente durante la realización de la mecánica de ambos gestos.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

TIPO DE ESTUDIO

La presente investigación es de carácter cuali-cuantitativa, siguiendo la organización de un diseño de campo, cuyo nivel de profundidad reviste aspectos descriptivos, exploratorios y correlacionales. La fuente de datos utilizada es primaria.

SUJETOS DE ESTUDIO

El estudio se realizó con 12 deportistas (6 basquetbolistas y 6 futbolistas) de entre 17 y 27 años (promedio de 21,25), de sexo masculino, integrantes de los planteles de primera división de básquet y fútbol del Club Atlético Americano M y S.

Las observaciones fueron llevadas a cabo entre los meses de Enero-Febrero de 2011. En el momento en el que estas eran realizadas, los integrantes de ambos planteles se encontraban en el comienzo de la pretemporada, previa al inicio de la competición, la cual constaba de 10 entrenamientos semanales, distribuidos en 2 por cada día (turnos mañana y tarde) y de una duración aproximada de entre 1 hora y media y 2 horas por turno.

ÁREA DE ESTUDIO

Club Atlético Americano M y S, de la localidad de Carlos Pellegrini, provincia de Santa Fe, República Argentina.

MUESTRA

La muestra para el presente trabajo ha sido seleccionada por disponibilidad al momento de realizar dicha investigación.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Deportista no profesional
- Integrante del plantel de primera división de cualquiera de las 2 disciplinas.
- Mínimo de tiempo de realización ininterrumpida de actividad: 5 años.
- Ausencia de historial de episodios lesionales en el aparato extensor de miembro inferior.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Presencia de lesión en miembros inferiores al momento de realizar el estudio.

VARIABLES A MEDIR

Las ha ser medidas han sido calificadas según 4 niveles de evaluación:

- a) Demográficas y antropométricas
- b) Clínicas
- c) Posturales
- d) Cinemáticas

Variables demográficas y antropométricas

- *Edad*
- *Estatura*
- *Peso*
- *Longitud de miembros inferiores*
- *Deporte*

- *Tiempo de inicio de la práctica deportiva*
- *Tiempo de práctica semanal de la disciplina*
- *Modalidad deportiva practicada con anterioridad*

Variables clínicas

- *Existencia de lesión:* lesión ocurrida en algún momento de su vida deportiva.
- *Tipo de lesión:* lesiones de carácter tendinosas, musculares, articulares, óseas, etc.
- *Localización de la lesión:* miembro, articulación, lado en la que se produjo la lesión.
- *Evolución de la lesión:* si el atleta ha realizado algún tipo de rehabilitación y si el proceso ha requerido de alguna intervención quirúrgica.

Variables posturales

- *Ángulo Q:* El **Ángulo Q** está formado por la intersección de las líneas que unen la espina ántero-superior al centro de la patela y la tuberosidad anterior de la tibia y el centro de la patela, respecto al eje central del muslo. Los valores de normalidad son hasta 10° para los hombres y 15° para las mujeres.⁶⁵
- *Ángulo de la rodilla:* Dichos ángulos en los miembros inferiores son definidos como: valgo cuando existe una separación de la extremidad distal del miembro inferior respecto a la línea media del cuerpo, y varo cuando

⁶⁵ Peroni, L. A. **Op. Cit.**
Abatedaga, Mario

“Diferencias en la alineación fémororotuliana, entre jugadores de futbol y basquet, durante la carrera y el salto”

existe una aproximación de dicho extremo distal del miembro inferior con la consecuente separación de las rodillas.⁶⁶

- *Ángulo estático del calcáneo*: ángulo formado por la línea marcada en la cara posterior del calcáneo y el plano de sustentación.

- *Tipo de apoyo plantar*: Contacto que se produce entre la planta del pie del atleta y la superficie de apoyo.

Variables Cinemáticas

CARRERA

- Ángulo dinámico de calcáneo
- Ángulo Q dinámico

SALTO

- Ángulo dinámico de calcáneo
- Ángulo Q dinámico

MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los deportistas fueron citados exclusivamente en un gimnasio donde fueron llevadas a cabo todas y cada una de las actividades programadas.

Durante esta investigación se ha confeccionado y utilizado una “*planilla de recolección de datos*” (ver anexo), en la cual mediante la interrogación, observación y medición se produce la recolección de datos por parte del observador.

⁶⁶ Peroni, L. A. **Op. Cit.**

Una vez obtenidos los datos de las variables a medir mediante la planilla de recolección, los resultados fueron analizados y clasificados de acuerdo a los parámetros manejados dentro de cada variable en estudio.

Variables demográficas y antropométricas

- ▶ *Edad*: Calculada desde la fecha de nacimiento.
- ▶ *Estatura*: Medición llevada a cabo mediante la utilización de un estadiómetro de pared.
- ▶ *Peso*: Evaluado utilizando una balanza mecánica.
- ▶ *Longitud de miembros inferiores*: Se ha medido la longitud de ambos miembros inferiores utilizando una cinta antropométrica.
- ▶ *Deporte*: Se han calificado los atletas conforme al deporte que practicaban en el momento de las evaluaciones.
- ▶ *Tiempo de inicio de la práctica deportiva*: Calculada desde la fecha (aproximada) de comienzo de la actividad.
- ▶ *Tiempo de práctica semanal de la disciplina*: Calculada semanalmente llevando a cabo la sumatoria del número de horas diarias de práctica.
- ▶ *Modalidad deportiva practicada con anterioridad*: Se han enumerado los deportes practicados con anterioridad por cada atleta.

Variables clínicas

- ▶ *Existencia de lesión*: se ha indagado a los atletas la incidencia de algún tipo de lesión ocurrida en algún momento de su vida deportiva.
- ▶ *Tipo de lesión*: Fueron encontradas lesiones tendinosas, musculares, articulares y óseas.

- ▶ *Localización de la lesión:* Se solicitó al atleta que especifique la localización de la lesión: miembro, articulación, lado, etc.
- ▶ *Evolución de la lesión:* El atleta también fue indagado en cuanto a la evolución de su(s) lesión(es), si ha realizado algún tipo de rehabilitación y si el proceso ha requerido de alguna intervención quirúrgica.

Variables posturales

- ▶ *Ángulo Q:* El **Ángulo Q** fue medido con el atleta en posición anatómica y utilizando un goniómetro ISOM 360° de plástico de 30 cm.

Con relación al **Ángulo Q** (índice de desplazamiento patelar), calificamos las patelas de cada rodilla como:

- a) Patela neutra, hasta 8° de desplazamiento medial.
- b) Patela con desplazamiento leve, entre 9° y 18°.
- c) Patela con desplazamiento medial mayor de 18°.

- ▶ *Ángulo de la rodilla:* Los ángulos se evalúan respecto a una línea de plomada que coincide con el plano sagital, dichos ángulos en los miembros inferiores son definidos como: valgo cuando existe una separación de la extremidad distal del miembro inferior respecto a la línea media del cuerpo, y varo cuando existe una aproximación de dicho extremo distal del miembro inferior con la consecuente separación de las rodillas.⁶⁷

⁶⁷ Peroni, L. A. **Op. Cit.**
Abatedaga, Mario

Las mediciones se llevaron a cabo encontrándose los atletas en posición anatómica y se han clasificado como:

- a) Rodilla neutra, con ángulo entre 175° y 181° .
- b) Rodilla valga, con el ángulo menor de 175° .
- c) Rodilla vara, con el ángulo mayor de 181° .

► *Ángulo estático del calcáneo*: El ángulo estático de cada calcáneo ha sido medido con los atletas en posición anatómica. Se analizó bajo el uso de un transportador el ángulo formado por la línea marcada en la cara posterior del calcáneo y el plano de sustentación. Los resultados fueron clasificados en:

- a) Calcáneo neutro, con los ángulos de 89° , 90° y 91° .
- b) Calcáneo varo, con los ángulos menores de 89° .
- c) Calcáneo valgo, con ángulos mayores de 91° .

► *Tipo de apoyo plantar*: El tipo de apoyo plantar fue evaluado a través de la realización de una plantigrafía casera. La misma consta de la aplicación de alcohol líquido sobre la planta de ambos pies y el apoyo de los mismos, manteniendo una posición bípeda normal, sobre una hoja de papel termosensible depositada sobre una superficie plana. La imagen obtenida fue medida bajo el siguiente criterio⁶⁸: la medida transversal más ancha del antepié dividida por la medida transversal menos ancha del mediopié. Los pies se clasifican como neutros cuando el resultado se encuentra entre 2 y 3, como planos cuando el

⁶⁸ Peroni, L. A. **Op. Cit.**
Abatedaga, Mario

resultado es menor que 2, como cavos de primer grado cuando el resultado es mayor de 3 y pies cavos de segundo grado si el resultado es el infinito positivo.

Variables Cinemáticas

Para la toma de datos de las variables cinemáticas por parte del observador fueron utilizadas 3 cámaras digitales de la marca Sony, colocadas estratégicamente. La primera (Handycam Dcr-sx41 60x) encargada de la toma frontal de los atletas, la segunda (CyberShot DSC-w330) encargada de la toma posterior de la persona en actividad, y la tercera (CyberShot DSC-w320), utilizada para la toma lateral del deportista.

Antes de realizar la filmación los deportistas realizaron un calentamiento, el cual consistió en ejercicios de estiramiento, principalmente de miembros inferiores y bicicleta 10 minutos, de manera que la filmación se realizó en condiciones reales de entrenamiento o competición.

Con cinta reflectiva autoadhesiva 3M, color blanco e índice de reflectividad grado “diamante”, se procedió a marcar los 7 puntos anatómicos en cada miembro inferior, de los cuales 3 fueron colocados en la porción anterior y 4 en la parte posterior del mismo. En la porción anterior fueron marcados la Espina Ilíaca Antero-superior (EIAS), el Centro de la patela (CP) y la Tuberosidad Anterior de la Tibia (TAT) para establecer el ángulo de alineación fémororotuliana (Ángulo Q). En la porción posterior los dos primeros puntos se marcaron en la línea del tendón de aquiles con una separación de unos 15 cm aproximadamente y finalmente los puntos 3 y 4 fueron colocados en la inserción del tendón de aquiles en el calcáneo y en un punto medio de la cara posterior del calcáneo. Cabe destacar que todos los marcadores fueron colocados

sobre la piel misma, ya que la prueba fue llevada a cabo sin ninguna prenda intermedia ni calzado alguno.



Fig. 9 y 10. Marcación de puntos. Posición de los marcadores que definen el ángulo de pronación del calcáneo (izquierda). Posición de marcadores que definen el ángulo Q (derecha).

CARRERA

- ▶ *Ángulo dinámico de calcáneo:* medición llevada a cabo en el momento de máxima pronación del calcáneo durante la fase de apoyo de la carrera.
- ▶ *Ángulo Q dinámico:* los grados fueron cuantificados en el instante de máxima flexión de la articulación de la rodilla durante la fase de apoyo de la carrera.

Para simular las condiciones normales de carrera del deportista, fue utilizado un tapiz rodante Embrex Randers 550 EX0. Dicho sistema proporcionó la posibilidad de variar la velocidad y de esta manera facilitar la adaptación al patrón de carrera del deportista.

La cámara anterior fue montada en un trípode y colocada a una distancia de manera tal que permitiera un plano que abarque ambos miembros inferiores y la cintura pélvica y de esa manera lograr que todos los puntos puedan entrar en la observación. La cámara posterior fue colocada a la altura de ambos tobillos y de manera que logre una nítida observación del apoyo calcáneo durante la mecánica de marcha. La tercera cámara fue posicionada lateralmente al tapiz rodante, de manera que permitiera cuantificar los grados de flexión que alcanza la articulación de la rodilla en la fase de apoyo.

Una vez superada la adaptación al aparato y alcanzada la velocidad media de carrera, se procedió a filmar entre 40 segundos y 1 minuto de actividad del atleta.

SALTO

- ▶ *Ángulo dinámico de calcáneo*: dicho ángulo es medido en la fase de recepción del salto.
- ▶ *Ángulo Q dinámico*: dicho valor es tomado en la fase de recepción del salto.

Pese a que lo ideal para esta clase de observación ha de ser el realizar la experiencia sobre las superficies en las cuales se desenvuelven los deportistas, los saltos fueron llevados a cabo sobre una superficie plana y lisa a nivel del suelo, neutra para ambas disciplinas.

La colocación de las cámaras fue exactamente la misma que en las evaluaciones llevadas a cabo sobre la cinta y siempre teniendo en cuenta el hecho de que todos los puntos marcados entren en el plano de filmación.

Los atletas realizaron a su máxima capacidad 5 saltos verticales. La técnica utilizada fue la de Squat Jump, más específicamente SJA (squatting jump with upper extremities swing) ya que la misma permite el balanceo de los brazos durante la mecánica de salto y es la que más se asemeja a la realizada durante la competencia de ambas disciplinas.

Todos los videos realizados a partir de las observaciones fueron analizados utilizando el Kinovea 0.8.7. Dicho programa de análisis permitió avanzar lentamente los videos para una correcta selección de los fotogramas en los que se encontraban los ángulos a medir y a la vez la medición de los mismos para su posterior clasificación.

DESARROLLO

Los resultados son representados bajo la forma de tablas y gráficas. Los datos de las variables han sido calificados según los niveles: antropométrico, clínico, postural y cinemático.

Análisis de las variables antropométricas y demográficas

La muestra estaba compuesta por 12 atletas, siendo 6 de ellos futbolistas no profesionales y 6 basquetbolistas no profesionales. La edad de los atletas ha variado entre 17 y 27 años, con una media de 21,25. El peso osciló entre los 67,5 Kg y 95 Kg, con una media de 77,16 Kg. La estatura ha variado entre 1,71 m y 1,88 m, con media de 1,79 m. En lo que respecta al tiempo de inicio de la modalidad deportiva, la cantidad de años varió entre 5 y 20 años, con una media de 10,6 años.

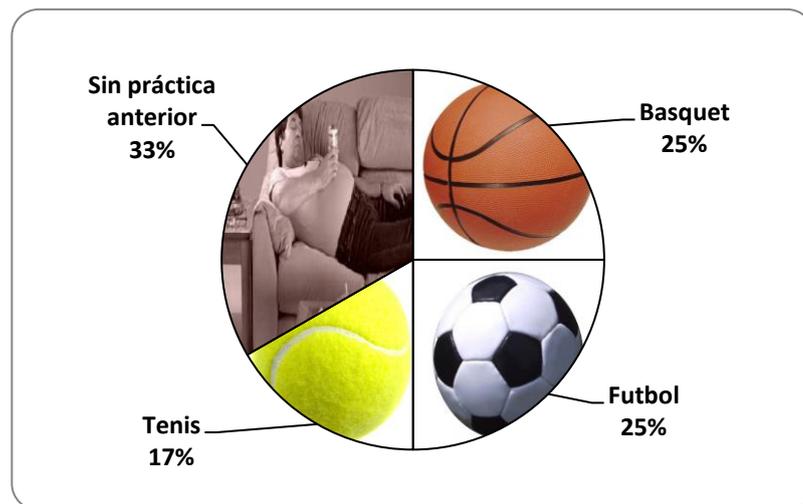
La tabla 1 muestra la distribución para las variables edad, peso, estatura, modalidad deportiva y tiempo de inicio del total de la muestra.

Tabla 1. Datos antropométricos del grupo en estudio

ID	Peso	Estatura	Edad	Tiempo de inicio deporte	Deporte
1	75,2	1,83	19	5	Basquet
2	86,4	1,88	21	15	Basquet
3	72,8	1,71	21	15	Futbol
4	74	1,8	18	6	Futbol
5	83,1	1,85	17	9	Basquet
6	75,6	1,78	18	6	Futbol
7	95	1,77	23	6	Futbol
8	72,3	1,8	23	11	Basquet
9	76	1,8	26	20	Basquet
10	67,5	1,75	20	5	Basquet
11	79,7	1,79	25	15	Futbol
12	68,3	1,76	23	15	Futbol

En el gráfico 1 se muestra las modalidades que los deportistas han llevado han realizado con anterioridad al comienzo de la actividad por la que hoy están siendo evaluados. Allí se ve claramente que un 33% de los atletas no ha incursionado en otra práctica deportiva anterior a la que ejercen en el momento de la evaluación. Los deportes a los que más han recurrido son el futbol y el básquet, ambos con 25% y finalmente el tenis, al cual un 17% de la muestra utilizada lo ha practicado con anterioridad.

Gráfico 1. Distribución de los deportes practicados con anterioridad por los deportistas integrantes de la muestra.



Análisis de la evaluación clínica

La evaluación de las lesiones sufridas por los deportistas es mostrada en la tabla 2. Se ha observado que el 8,33 % no manifestó lesión alguna, mientras que el 91,66 % relataron algún tipo de lesión.

Tabla 2. Tipos de lesiones con tratamiento quirúrgico o conservador

Tipo de lesión	Trat. Quirúrgico	Trat. Conservador	Totales
Muscular	0	4	4
Total %	0	33,34%	33,34%
Tendinosa	0	2	2
Total %	0	16,67%	16,67%
Ligamentaria	1	9	10
Total %	8,34%	75%	83,34%
Ósea	0	1	1
Total %	0	8,34%	8,34%
Hernia discal	1	0	1
Total %	8,34%	0	8,34%
Sin lesión			1
Total %			8,34%
Todos los grupos	2	10	12
Total %	16,67%	83,34%	100%

De los atletas examinados, el tipo de estructura más afectada por lesión es la ligamentaria (83,34 %), que corresponde a 10 atletas. Del total de estos 11 atletas que sufrieron alguna lesión en sus miembros inferiores, cabe señalar que solo 1 atleta (8,33 %) fue sometido a procedimiento quirúrgico.

Análisis de la evaluación postural

En el examen postural han sido evaluadas las siguientes variables estáticas (tablas 3 y 4):

- a) Ángulo Q (derecho e izquierdo).
- b) Ángulo de la rodilla, en el plano frontal, también denominado Ángulo Muslo-Pierna (derecho e izquierdo).
- c) Ángulo del calcáneo (derecho e izquierdo).

d) Tipo de apoyo plantar.

Tabla 3. Estadística descriptiva de las variables posturales en futbolistas. DE: Desviación Estándar

Variables	FUTBOL			
	Media	Mínimo	Máximo	DE
Ángulo Q derecho	13.61	12	15	1,17
Ángulo Q izquierdo	15,83	13	19	2,48
Ángulo calcáneo derecho	89,83	87	92	2,4
Ángulo calcáneo izquierdo	91	87	94	2,45

Tabla 4. Estadística descriptiva de las variables posturales en basquetbolistas. DE: Desviación Estándar

Variables	BASQUET			
	Media	Mínimo	Máximo	DE
Ángulo Q derecho	16,16	12	19	2,48
Ángulo Q izquierdo	13,5	10	17	2,42
Ángulo calcáneo derecho	94	90	98	3,03
Ángulo calcáneo izquierdo	93	91	96	2,09

Los gráficos 2 y 3 muestran el predominio de los diferentes apoyos plantares en ambas disciplinas y diferenciados según se refiera a miembro inferior derecho o izquierdo.

Se advierte claramente una supremacía, en ambos deportes, del apoyo plantar neutro sobre los demás apoyos, tanto en miembro inferior derecho como el izquierdo. En ambos miembros se puede observar que es mayor el número de apoyos neutros en el básquet (83,4 % en el derecho y 66 % en el izquierdo).

Respecto a los otros 3 tipos de apoyo, el único que ha alcanzado valores por encima del mínimo fue el pie cavo de 1° grado, el cual fue encontrado en el 33,3 % de los miembros inferiores izquierdos de los futbolistas estudiados. Cabe destacar que no se han encontrado casos de apoyo plano de miembro

“Diferencias en la alineación fémororotuliana, entre jugadores de futbol y basquet, durante la carrera y el salto”

inferior derecho en basquetbolistas y que ninguno de los participantes de esta investigación ha manifestado un apoyo cavo de 2° grado, ya sea tanto en miembro inferior derecho como en el izquierdo.

Gráfico 2. Incidencia de los diferentes apoyos plantares en el miembro inferior derecho de ambas disciplinas

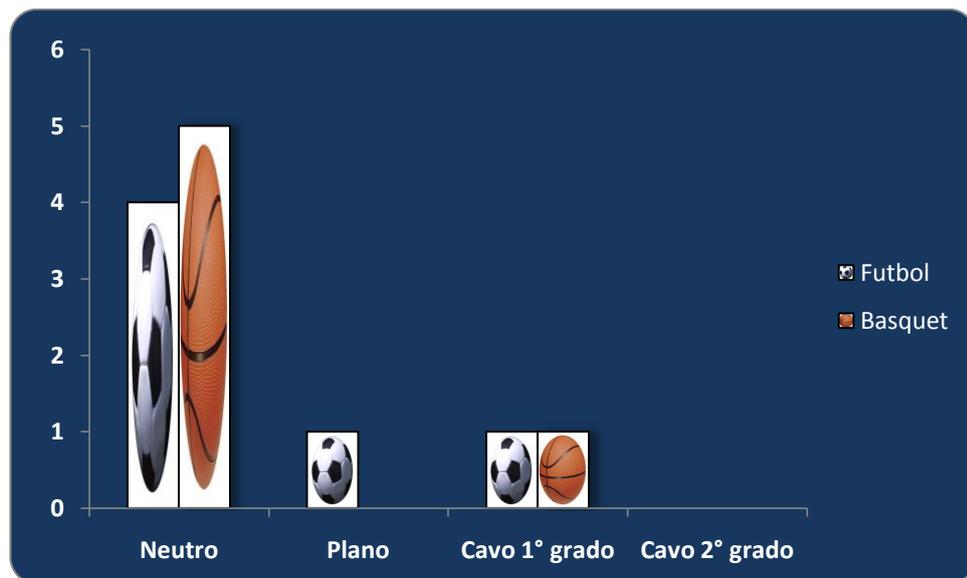
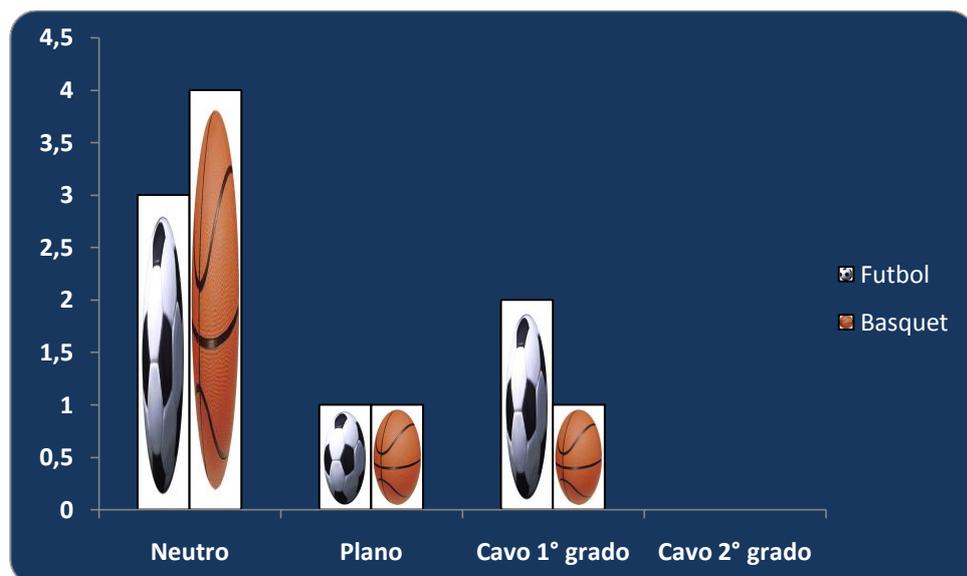


Gráfico 3. Incidencia de los diferentes apoyos plantares en el miembro inferior izquierdo en ambas disciplinas



Análisis de la evaluación cinematográfica

En la evaluación cinematográfica (tablas 5 y 6), se ha medido la distancia angular recorrida por el calcáneo o *Pronación del calcáneo*. También fue llevada a cabo la medición (tabla 7 y 8) de la distancia angular recorrida por la rótula, también llamada *Desplazamiento patelar*.

En lo que a **pronación** durante la carrera respecta, en el pie izquierdo se obtuvo una media de 10,58°, con un intervalo de 6°-17° y una desviación estándar de 3,15°. Para el pie derecho, se registró una media de 12,83°, con un intervalo de 9°-17° y una desviación estándar de 2,25°.

Tabla 5. Datos cinematográficos de la carrera. Pronación de los calcáneos.

Variables	Media	Mínimo	Máximo	DE
Pronación de pie derecho	12,83	9	17	2,25
Pronación de pie izquierdo	10,58	6	17	3,15

Durante el salto, el pie izquierdo mostró un valor de media de 10,83°, con un intervalo de 4°-19° y una desviación estándar de 4,04°. En el pie derecho se encontró una media de 13,5°, un intervalo de 5°-21° y una desviación estándar de 4,42°.

Tabla 6. Datos cinematográficos del salto. Pronación de los calcáneos.

Variables	Media	Mínimo	Máximo	DE
Pronación de pie derecho	13,5	5	21	4,42
Pronación de pie izquierdo	10,83	4	19	4,04

Se verifica, mediante el análisis de estos datos, que la amplitud y la variabilidad de la pronación de los pies de la muestra utilizada no presentan variaciones

“Diferencias en la alineación fémororotuliana, entre jugadores de futbol y basquet, durante la carrera y el salto”

significativas entre el pie izquierdo y el derecho, durante la carrera. Ambos presentan los mismos valores de máxima y en la mínima el pie izquierdo ha manifestado un menor ángulo (6°).

En lo que al salto refiere, el estudio muestra valores máximos de pronación más altos para el pie derecho y mínimas menores para el miembro inferior izquierdo.

Respecto a las evaluaciones de los valores de **desplazamiento patelar**, en la rodilla derecha durante la carrera se obtuvo un valor medio de $7,75$, con intervalo de 4° - 12° y una desviación estándar de $3,05^\circ$. En la misma situación pero en la rodilla izquierda el valor de la media fue de $7,91^\circ$, con intervalo de 3° - 15° y una desviación estándar de $3,75$.

Tabla 7. Datos cinemáticos de la carrera. Desplazamiento patelar.

Variables	Media	Mínimo	Máximo	DE
Desplazamiento patelar derecho	7,75	4	12	3,05
Desplazamiento patelar izquierdo	7,91	3	15	3,75

Si se habla de la valoración de los movimientos de la rótula durante la mecánica de salto, los valores encontrados en la rodilla derecha marcan una media de $10,42^\circ$, un intervalo de 5° - 17° y una desviación estándar de $4,17^\circ$. La rodilla izquierda obtuvo en la valoración, una media de $9,17^\circ$, con intervalo de 3° - 19° y una desviación estándar de $4,45^\circ$.

Tabla 8. Datos cinemáticos del salto. Desplazamiento patelar.

Variables	Media	Mínimo	Máximo	DE
Desplazamiento patelar derecho	10,42	5	17	4,17
Desplazamiento patelar izquierdo	9,17	3	19	4,45

Como se puede observar, en la carrera el desplazamiento patelar alcanza valores más altos de amplitud de movimiento en la rodilla izquierda y es en la misma rodilla donde también se han registrado los valores más bajos. En cuanto al salto, los valores más altos y los más bajos de amplitud de movimiento rotuliano también son encontrados en la rodilla izquierda de los atletas observados. Tanto en la mecánica de salto como en la de carrera, las diferencias de valores entre ambos miembros fueron de entre 1° y 3°.

En los gráficos 4 y 5 se muestra, separados en miembro derecho e izquierdo, la frecuencia con las que se encontraron los diferentes desplazamientos patelares posibles, en los jugadores de ambos deportes estudiados durante la mecánica de carrera.

Gráfico 4. Incidencia de los diferentes desplazamientos rotulianos en miembro inferior derecho de ambas disciplinas durante la carrera.

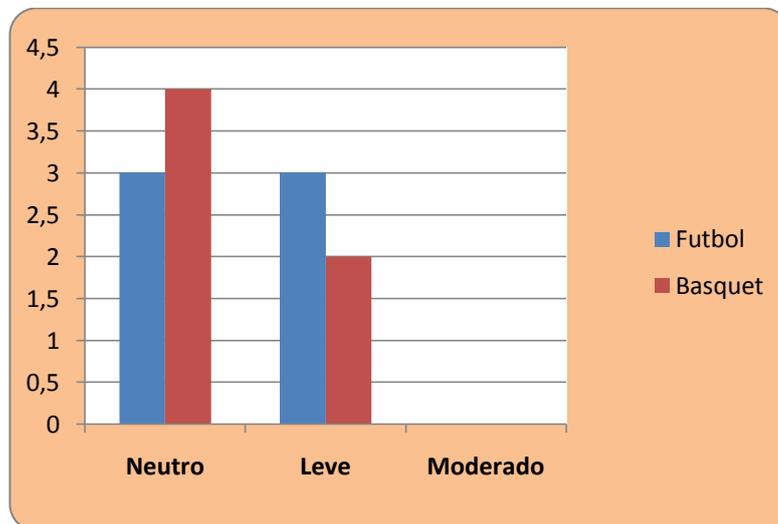
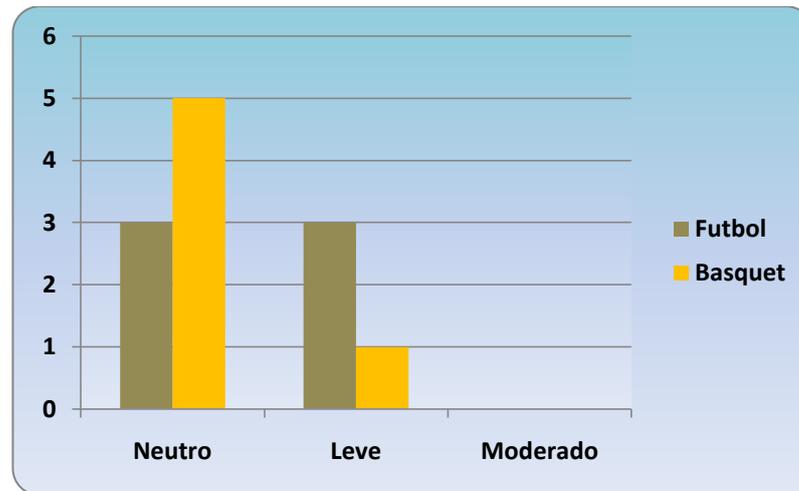


Gráfico 5. Incidencia de los diferentes desplazamientos rotulianos en miembro inferior derecho de ambas disciplinas durante la carrera.



Del análisis de ambos gráficos se observa que, en ambos miembros inferiores de la parte de la muestra que practica basquet hay supremacía de patelas neutras. En menor medida se encuentran patelas con desplazamientos leves y no ha habido atleta cuyo valor de desplazamiento patelar permita clasificarlo como moderado. En cuanto a futbol, sin haber supremacía de un desplazamiento, fueron encontrados en igual cantidad desplazamientos neutros y leves, tanto en miembro inferior derecho como izquierdo. Cabe destacar que tampoco se encontraron casos de futbolistas con desplazamientos moderados.

Durante la realización del salto vertical también se trato de determinar cuál era la magnitud de desplazamiento rotuliano que se manifestaba tanto en el jugador de basquet como en el de futbol. Los gráficos 6 y 7 representan los resultados obtenidos de la muestra utilizada.

Gráfico 6. Predominancia de los diferentes desplazamientos rotulianos en el miembro inferior derecho de futbolistas y basquetbolistas durante el despegue en la mecánica de salto.

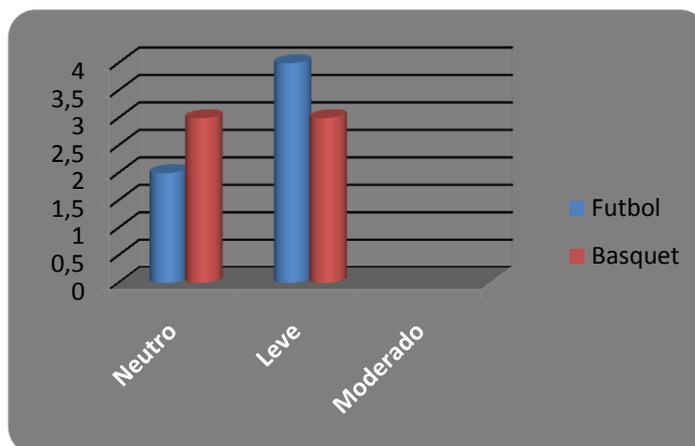
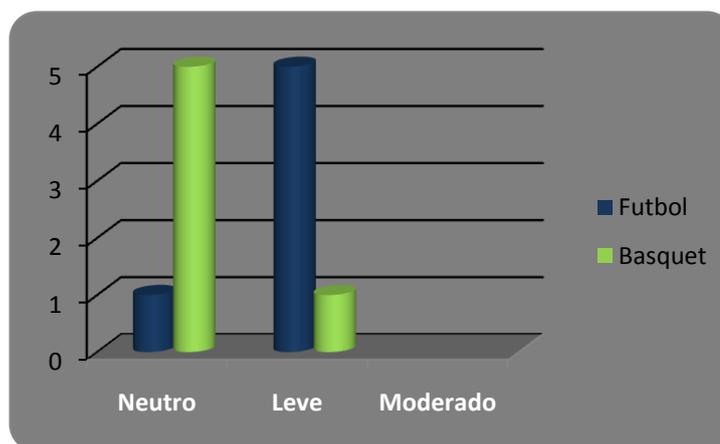


Gráfico 7. Predominancia de los diferentes desplazamientos rotulianos en el miembro inferior izquierdo de futbolistas y basquetbolistas durante el despegue en la mecánica de salto.



A la hora de observar los datos que representan estas dos gráficas, se entiende que tanto en el miembro inferior derecho como en el izquierdo de los futbolistas de la muestra, hubo un predominio de desplazamientos leves durante la realización del salto vertical, al punto de alcanzar valores de hasta 91,66% (5 futbolistas) en la extremidad inferior izquierda. El desplazamiento neutro fue encontrado en menos medida en ambos miembros y ninguno de los investigados presentó una rótula de movimiento moderado. Los jugadores de basquet estudiados mostraron mayor incidencia de desplazamientos neutros en el miembro inferior izquierdo, cosa que no sucedió así en el derecho, en el

“Diferencias en la alineación fémororotuliana, entre jugadores de futbol y basquet, durante la carrera y el salto”

cual se vieron igualadas las cantidades de jugadores que presentaban desplazamientos leves y neutros. Al igual que anteriormente, no hubo resultados de rotulas moderadas.

Para la comparación de los valores de la alineación fémororotuliana de los jugadores en posición estática y dinámica, se confeccionaron las tablas 9 y 10, dentro de las cuales se expresó la variación o no, durante el traspaso de la posición bípeda al movimiento de carrera.

Tabla 9. Variaciones que se producen en el Ángulo Q de las rodillas de basquetbolistas al pasar de una posición estática a dinámica (carrera).

BASQUET				
Rodilla derecha			Rodilla Izquierda	
	Ángulo Q estático	Ángulo Q dinámico	Ángulo Q estático	Ángulo Q dinámico
1	Moderado	Neutro	Leve	Neutro
2	Leve	Leve	Leve	Neutro
3	Leve	Leve	Leve	Leve
4	Leve	Neutro	Leve	Neutro
5	Leve	Leve	Leve	Neutro
6	Leve	Neutro	Leve	Neutro

Tabla 10. Variaciones que se producen en el Ángulo Q de la rodilla de futbolistas al pasar de una posición estática a dinámica (carrera).

FUTBOL				
Rodilla derecha			Rodilla Izquierda	
	Ángulo Q estático	Ángulo Q dinámico	Ángulo Q estático	Ángulo Q dinámico
1	Leve	Leve	Leve	Leve
2	Leve	Leve	Moderado	Leve
3	Leve	Leve	Leve	Leve
4	Leve	Neutro	Leve	Neutro
5	Leve	Neutro	Leve	Leve
6	Leve	Leve	Leve	Leve

Como aspecto general en ambas tablas se deja ver que en la totalidad de la muestra el comportamiento fue la disminución de nivel o el mantenimiento del mismo. No existe en esta investigación, una elevación de niveles de desplazamiento patelar en

el traspaso de estático a dinámico. Al interiorizarse más en estos datos se ve reflejado que el deportista que más manifiesta dicho cambio es el basquetbolista, ya que el 91,66% de los miembros izquierdos no permanecen con su mismo ángulo Q durante el movimiento y el 50 % de los miembros derechos, se comportan de la misma forma. Lo visto en los futbolistas que formaron parte de la muestra indica que ambos miembros inferiores se comportaron de la misma manera, manteniéndose el nivel de movilidad sin variaciones en un 66,6%

Los gráficos 8, 9, 10 y 11 fueron realizados con la intención de mostrar la relación existente entre 2 variables, como lo son la *pronación del calcáneo* y el *desplazamiento de la rótula*, durante la carrera del futbolista y el basquetbolista amateur.

Gráfico 8. Asociación entre la pronación del calcáneo con el Ángulo Q del miembro inferior derecho durante la carrera en basquetbolistas.

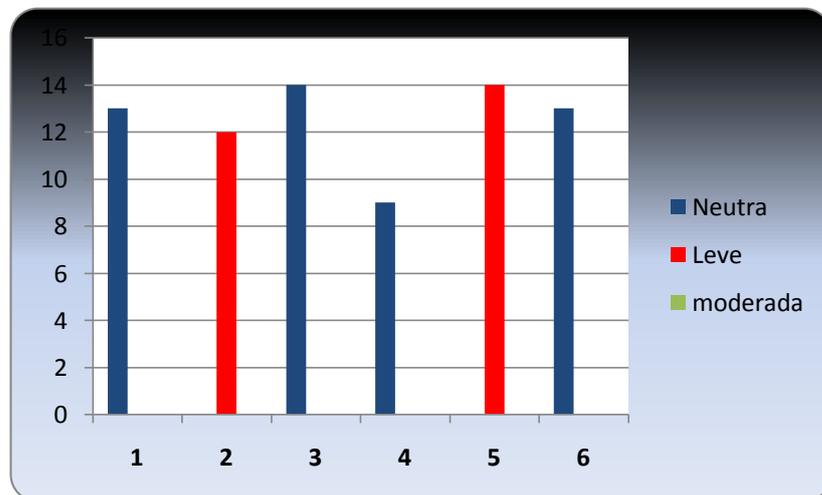
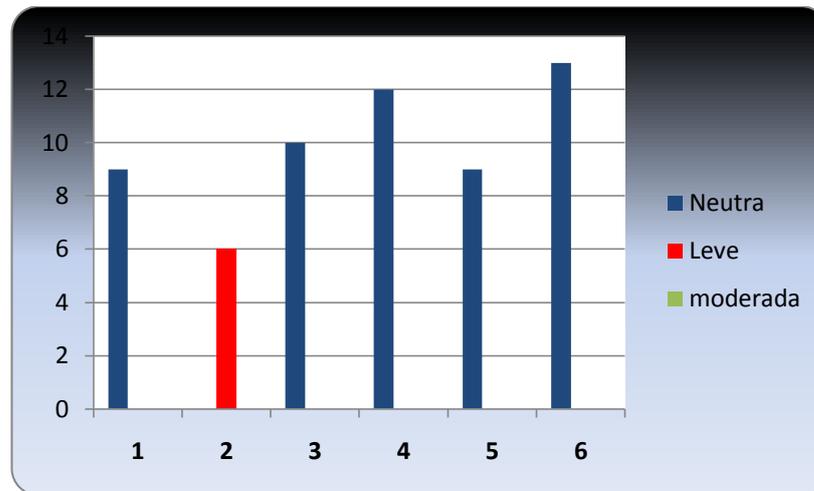


Gráfico 9. Asociación entre la pronación del calcáneo con el Ángulo Q del miembro inferior izquierdo durante la carrera en basquetbolistas.



Estudiando la relación entre el índice de pronación de ambos calcáneos, con los niveles de desplazamiento medial de la rótula, se verifica que:

- a) En el miembro inferior derecho la mayor incidencia ha sido una pronación de entre 12° - 14° con una rótula en desplazamiento neutro.
- b) En el miembro inferior izquierdo todos los escasos los donde se combina una rótula con desplazamiento leve y una pronación calcánea de valores no fueron inferiores a 12° . Cosa que si sucede en el izquierdo donde los valores no superaron los 6° de pronación calcánea.

Gráfico 10. Asociación entre la pronación del calcáneo con el Ángulo Q del miembro inferior derecho durante la carrera en futbolistas.

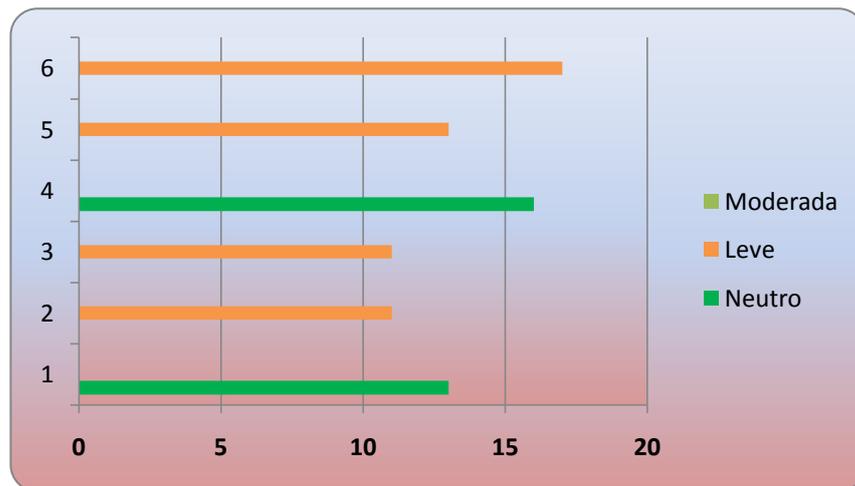
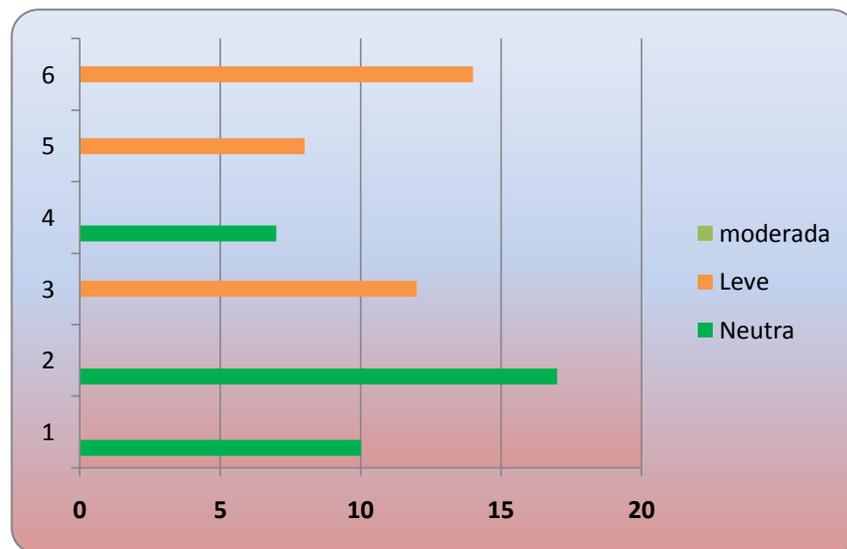


Gráfico 11. Asociación entre la pronación del calcáneo con el Ángulo Q del miembro inferior izquierdo durante la carrera en futbolistas.



Tras la lectura de los gráficos en los cuales se relaciona la pronación calcánea del futbolista no profesional con el ángulo de tracción del cuádriceps (ángulo Q), se indica que:

- a) En el miembro inferior derecho, 16° fue el valor de pronación más alto que se alcanzó con un desplazamiento neutro, y 17° el valor más alto para un

“Diferencias en la alineación fémororotuliana, entre jugadores de fútbol y basquet, durante la carrera y el salto”

desplazamiento leve. En contraste los números más bajos fueron los siguientes:

13° para neutro y 11 para leve.

- b) En el miembro inferior izquierdo, 17° y 14° fueron las máximas alcanzadas para desplazamientos neutros y leves respectivamente, así como 7° fue el mínimo para desplazamientos neutros y 8° para leves.

Los gráficos 12, 13, 14 y 15 tienen como objetivo ilustrar la asociación existente entre 2 variables, como lo son la *pronación del calcáneo* y el *desplazamiento de la rótula*, durante la recepción de la mecánica de salto del futbolista y el basquetbolista amateur.

Gráfico 12. Asociación entre la pronación del calcáneo con el Ángulo Q del miembro inferior derecho durante el salto en basquetbolistas.

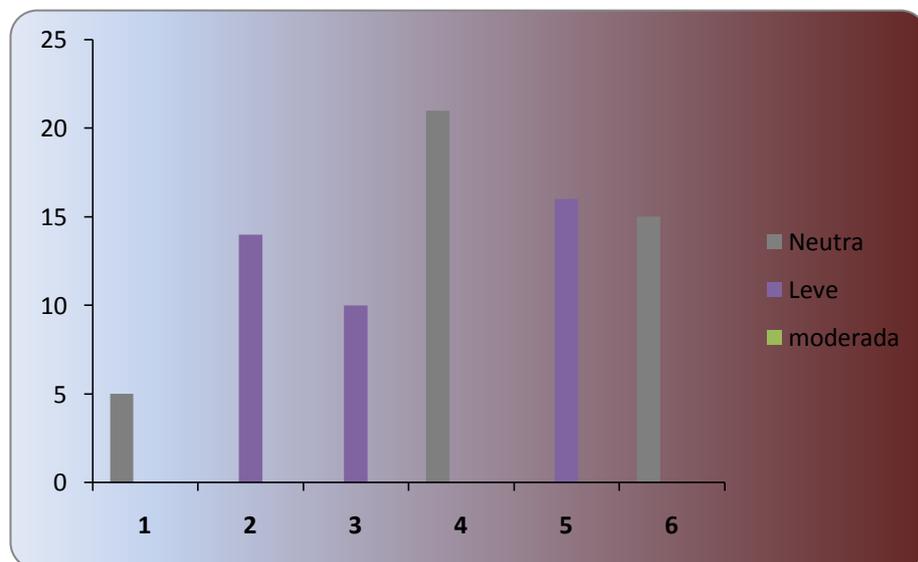
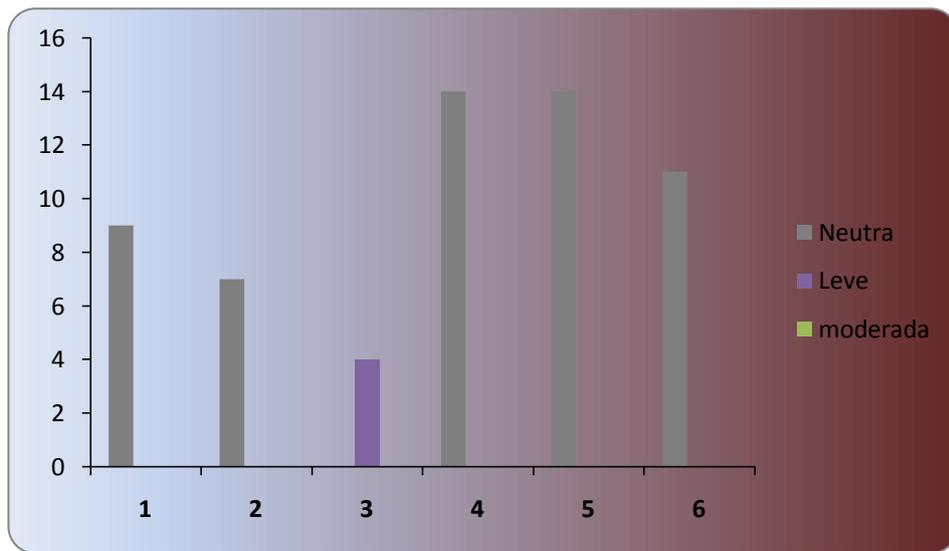


Gráfico 13. Asociación entre la pronación del calcáneo con el Ángulo Q del miembro inferior izquierdo durante el salto en basquetbolistas.



Estudiando la relación entre el índice de pronación de ambos calcáneos, con los niveles de desplazamiento medial de la rótula, se verifica que en el jugador de basquet:

- a) En extremidad inferior derecha, los valores más elevados resultaron 21° para neutro y 16 para leve, siendo a la vez 5° la pronación más baja para un neutro y 10 grados para el movimiento rotuliano leve.
- b) Al informar sobre la extremidad izquierda, los valores, mayor y menor para un desplazamiento neutro resultaron 14° y 7° respectivamente, registrándose un solo valor para movimientos leves de 4°.

“Diferencias en la alineación fémororotuliana, entre jugadores de futbol y basquet, durante la carrera y el salto”

Gráfico 14. Asociación entre la pronación del calcáneo con el Ángulo Q del miembro inferior derecho durante el salto en futbolistas.

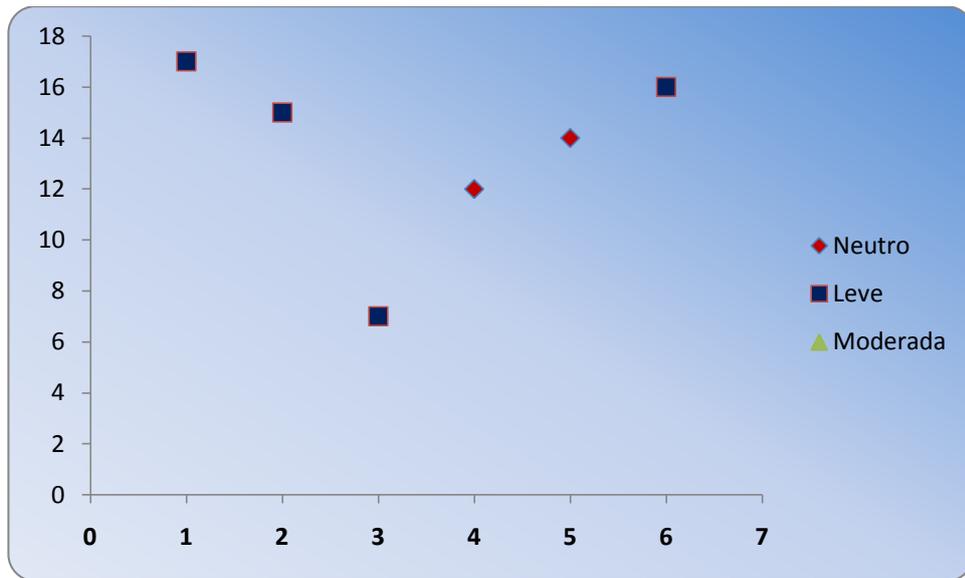
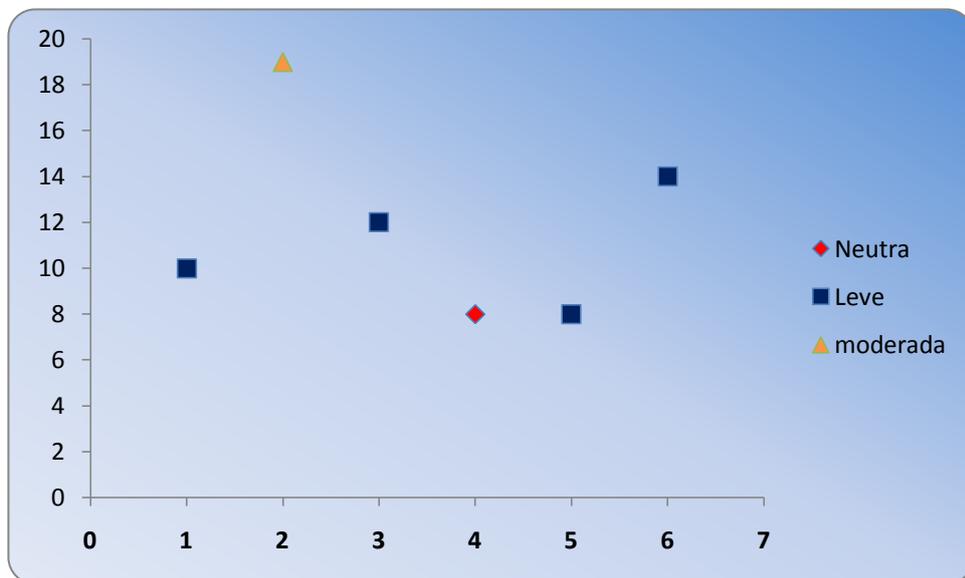


Gráfico 15. Asociación entre la pronación del calcáneo con el Ángulo Q del miembro inferior izquierdo durante el salto en futbolistas.



Tras la lectura de los gráficos en los cuales se relaciona la pronación calcánea del futbolista no profesional con el ángulo de tracción del cuádriceps (ángulo Q), se muestra que:

- a) En el miembro inferior derecho, el desplazamiento rotuliano clasificado como leve obtuvo una máxima de pronación calcánea de 14° y una mínima de 12° . Las leves, quedaron emparentadas con 17° de máxima y 7 de mínima.
- b) El miembro inferior izquierdo solo obtuvo un solo valor de neutra el cual alcanzo los 8° y en el caso de las leves, 14° y 8° fueron los valores más altos y más bajos respectivamente.
- c) Esta fue la única situación en la que uno de los dos miembros de ambos deportistas alcanzó un desplazamiento rotuliano medial moderado y este se vio acompañado por una pronación calcánea de 19° .

CONCLUSIÓN

Con miras a los objetivos propuestos en este estudio y según los resultados obtenidos, es posible presentar de forma sintetizada las siguientes conclusiones sobre las características morfológicas de los miembros inferiores y los parámetros de la carrera y el salto y, destacando las principales relaciones entre las variables más importantes.

La mayoría de los atletas (91,6 %) relataron la existencia de algún tipo de lesión durante su vida deportiva. Las estructuras ligamentarias fueron las más afectadas en el historial de lesión (83,3 %) y el 91,6 % de la población fue sometido a tratamiento conservador para rehabilitarse.

En ambos deportes se evidenció claramente una supremacía del apoyo plantar neutro sobre los demás apoyos, tanto en miembro inferior derecho como el izquierdo. En ambos miembros fue mayor el número de apoyos neutros en el básquet (83,4 % en el derecho y 66 % en el izquierdo). Respecto a los otros 3 tipos de apoyo, el único que alcanzó valores por encima del mínimo fue el pie cavo de 1° grado, el cual fue encontrado en el 33,3 % de los miembros inferiores izquierdos de los futbolistas. Cabe destacar que no fueron encontrados casos de apoyo plano de miembro inferior derecho en basquetbolistas y que ninguno de los participantes de esta investigación ha manifestado un apoyo cavo de 2° grado, ya sea tanto en miembro inferior derecho como en el izquierdo.

En el jugador de básquet, el 91,66% de los miembros izquierdos no permanecen con su mismo ángulo Q durante el movimiento y el 50 % de los miembros derechos, se comportan de la misma forma. Lo visto en los futbolistas que formaron parte de la muestra indica que ambos miembros inferiores se comportaron de la misma manera, manteniéndose el nivel de movilidad sin variaciones en un 66,6%.

CARRERA

No se detectaron variaciones significativas en ninguno de los dos grupos, en la pronación entre el pie izquierdo y el derecho, durante la carrera.

El desplazamiento patelar durante la carrera, alcanzó valores más altos de amplitud de movimiento en la rodilla izquierda y es en la misma rodilla donde también se han registrado los valores más bajos.

En ambos miembros inferiores de los basquetbolistas no se detectaron alteraciones en la mecánica de los movimientos rotulianos mediales, siendo estos característicamente neutros. En menor medida se encontraron patelas con desplazamientos leves y no ha habido atleta cuyo valor de desplazamiento patelar permita clasificarlo como moderado. En cuanto a fútbol, sin haber predominio de un desplazamiento, fueron encontrados en igual cantidad desplazamientos neutros y leves, tanto en miembro inferior derecho como izquierdo.

Se ha observado particularidades en la carrera de ambos deportistas, que han llevado a formular relaciones en las que se vincula los movimientos patelares mediales con ángulos calcáneos por encima de los 12° .

SALTO

En lo que al salto refiere, se han encontrado valores máximos de pronación más altos para el pie derecho y mínimas menores para el miembro inferior izquierdo.

Los valores más altos y los más bajos de amplitud de movimiento rotuliano también se encontraron en la rodilla izquierda. Tanto en la mecánica de salto como en la de carrera, las diferencias de valores entre ambos miembros fue entre 1° y 3° .

Tanto en el miembro inferior derecho como en el izquierdo de los futbolistas, hubo un predominio de desplazamientos leves durante la realización del salto vertical. El desplazamiento neutro fue encontrado en menos medida en ambos miembros y ninguno de los investigados presentó una rótula de movimiento moderado. Los jugadores de basquet estudiados mostraron mayor incidencia de desplazamientos neutros en el miembro inferior izquierdo, cosa que no sucedió así en el derecho, en el cual se vieron igualadas las cantidades de jugadores que presentaban desplazamientos leves y neutros.

El salto se mostró con la misma consigna pero con valores por encima de los de la carrera, sobre todo en el fútbol en el cual se encontró vínculo entre el desplazamiento patelar moderado y ángulos por encima de los 19°.

BIBLIOGRAFÍA

Información extraída de libros

- ✘ Ferro Sanchez, A. *La carrera de velocidad: metodología de análisis biomecánico*. 3° Ed. Madrid, España: Librería Deportiva Esteban Sanz, 2001.
- ✘ Latarjet, M.; Ruiz Liard, A. “Anatomía Humana”. 3ra. Edición. Buenos Aires, Argentina: Médica Panamericana, 1999.
- ✘ Rodríguez Facal, F. *Entrenamiento de la capacidad de salto: la saltabilidad de los distintos deportes*. Buenos Aires, Argentina: Stadium, 1993.

Información extraída de tesina

- ✘ Cambiasca, C. A. *Influencia de los ejercicios propioceptivos en la prevención de las lesiones de rodilla en los jugadores de fútbol del equipo de la espe entre los 18-25 años de edad en el período Oct – Abril del 2008* [tesis]. Sangolqui: Escuela Politécnica del Ejercito; 2008.
- ✘ Cañellas Trobat, A. *La Rótula humana: Análisis morfológico, antropológico y patológico* [tesis doctoral]. Granada (España): Universidad de Granada; 2006.
- ✘ Del Mar Carrión Martin, M. *Influencias de las variables clínicas y radiológicas en la evolución de los pacientes con síndrome doloroso patelar* [tesis]. España: Universidad de Granada; 2008.
- ✘ Peroni, L. A. *Las relaciones entre la inestabilidad del apoyo plantar y las alteraciones de la biomecánica de la rodilla* [tesis]. España: Universidad de Córdoba; 2002.
- ✘ Vilalta Bou, C. *El adelantamiento de la tuberosidad tibial anterior en el tratamiento de la artrosis rotuliana* [tesis doctoral]. Barcelona (España): Universidad de Barcelona; 2001.

Información extraída de internet

- ✘ Guillen Montenegro, J.; Fernández Fairen, M. Patología de la rodilla en baloncesto. Archivos de Medicina del Deporte 1998. Vol. 15, N° 68: [6 pantallas]. Disponible desde: URL: [http://www.google.com.ar/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CBEQFjAA&url=http%3A%2F%2Ffemede.es%2Fdocumentos%2FAMD%252068\(485-490\)1998%2520Patologia%2520rodilla%2520baloncesto.PDF&rct=j&q=patologia%20de%20la%20rodilla%20en%20baloncesto&ei=8QxLTb2sJ4iq8AbblLinDg&usq=AFQjCNF34LEcfJ6TRGIK8Us7WK34fX0r3Q&cad=rja](http://www.google.com.ar/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CBEQFjAA&url=http%3A%2F%2Ffemede.es%2Fdocumentos%2FAMD%252068(485-490)1998%2520Patologia%2520rodilla%2520baloncesto.PDF&rct=j&q=patologia%20de%20la%20rodilla%20en%20baloncesto&ei=8QxLTb2sJ4iq8AbblLinDg&usq=AFQjCNF34LEcfJ6TRGIK8Us7WK34fX0r3Q&cad=rja)

- ✘ Góngora García, L.; Rosales García, C. M.; González Fuentes, I. y Pujals Victoria, N. Articulación de la rodilla y su mecánica articular. MEDISAN [revista en línea] 2003; 7 (2): [10 pantallas]. Disponible desde: URL: http://bvs.sld.cu/revistas/san/vol7_2_03/san13203.htm
- ✘ Latorre Romám, P. A.; Soto Hermoso, V. M. *Efectos de la fatiga en los parámetros cinemáticos de corredores de fondo a velocidades competitivas*. Biomecánica [revista en línea] 2002. 10 (2): [11 pantallas]. Disponible desde: URL: <http://upcommons.upc.edu/revistes/handle/2099/6743>
- ✘ Manonelles Marqueta, P.; Tárrega Tarrero, L. *Epidemiología de las lesiones de baloncesto*. Archivos de Medicina del Deporte 1988. Vol. 15, N° 68: [5 pantallas]: Disponible desde: URL: http://www.google.com.ar/url?sa=t&source=web&cd=3&ved=0CCcQFjAC&url=http%3A%2F%2Ffemede.es%2Fdocumentos%2FEpidemiologia_lesiones_baloncesto_479_68.PDF&rct=j&q=epidemiologia%20de%20las%20lesiones%20en%20el%20baloncesto&ei=rQtLTcykKoO88gbN3uDg&usg=AFQjCNGk16aGFqlwUKBlgoBFGPVZohMK2A&cad=rja
- ✘ Martín Urrialde, J.; Martínez Cepa, C.; Pérez Fernández, T. *Actualización en los aspectos biomecánicos de la rótula*. Fisioterapia [revista en línea] 2003; 25 (2): [6 pantallas]. Disponible desde: URL: http://www.google.com.ar/url?sa=t&source=web&cd=2&ved=0CBoQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.ulagosvirtual.cl%2Fcourses%2FULA06%2Fdocument%2FActualizacion_en_los_aspectos_biomecanicos_de_la_rotula.pdf%3FcidReq%3DULA06&rct=j&q=actualizacion%20de%20los%20aspectos%20biomecanicos%20de%20la%20rotula&ei=kgVLTfOmMYL48Ab9peCfDg&usg=AFQjCNErUsvnOluhrZS9SwbjoGV1h0IT6A&cad=rja
- ✘ Montgomery, W. H.; Pink, M.; Perry, J. *Electromyographic Analysis of Hip and Knee Musculature During Running*. The American Journal of Sports Medicine [revista en línea] 1994. 22 (272): [8 pantallas]. Disponible desde: URL: <http://ajs.sagepub.com/content/22/2/272.full.pdf+html>
- ✘ Ramos Parracé, C. A.; López Laiseca, J. D.; Monje Mahecha, J.; Figueroa Calderón, C. J. *Calculo de la pronosupinación subastragalina en deportistas de baloncesto de la Universidad Surcolombiana*. Revista Educación Física y Deporte [revista en línea] 2009. 28 (2): [10 pantallas]. Disponible desde: URL: http://www.google.com.ar/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CBEQFjAA&url=http%3A%2F%2Faprendeenlinea.udea.edu.co%2Frevistas%2Findex.php%2Feducacionfisicaydeporte%2Farticle%2FviewFile%2F3082%2F2847&rct=j&q=Calculo%20de%20la%20pronosupinaci%C3%B3n%20subastragalina%20en%20deportistas%20de%20baloncesto%20de%20la%20Universidad%20Surcolombiana&ei=zrBUTf2IE9C4tgfEveWKCg&usg=AFQjCNGldEN5l_8Q7Iglr27sUgVGEEx-pFg&cad=rja

- ✘ Rubio, J. A.; Abián, J.; Alegre, L. M.; Amador, J. L.; Almudena, M.; Aguado, X. *Capacidad de salto y amortiguación en escolares de primaria*. Archivos de Medicina del Deporte [revista en línea] 2007. 24 (120): [10 pantallas]. Disponible desde: URL: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2370101>

- ✘ Sáez de Villarreal, E. *Variables determinantes en el salto vertical*. Efdeportes [revista en línea] 2004. N° 70: [10 pantallas]. Disponible desde: URL: <http://www.efdeportes.com/efd70/salto.htm>

- ✘ Suarez, G. R. Análisis cinemático de los saltadores de alto en Antioquía. Revista Educación Física y Deporte [revista en línea] 2007. Disponible desde: URL: <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/educacionfisicaydeporte/article/viewArticle/6356>

“Diferencias en la alineación fémoro rotuliana, entre jugadores de futbol y basquet, durante la carrera y el salto”

ANEXOS

Planilla de recolección de datos Auto administrada

VARIABLES DEMOGRÁFICAS Y ANTROPOMÉTRICAS

- Deporte:
- Edad:
- Estatura:
- Peso:
- Longitud de miembros (cm):

DERECHA: MUSLO: (); PIERNA: ()

IZQUIERDA: MUSLO: (); PIERNA: ()

- Tiempo desde inicio de la modalidad deportiva:
- Tiempo de práctica semanal de la modalidad deportiva (hs):
- Deporte practicado con anterioridad:

VARIABLES CLÍNICAS

Existencia de lesiones anteriores: SI – NO

Localización de la lesión	Tipo de lesión	Evolución de la lesión

VARIABLES POSTURALES

- **Ángulo Q:** Rodilla derecha: (); Rodilla Izquierda ().
- **Ángulo de la rodilla:** Rodilla derecha: (); Rodilla Izquierda ().
- **Ángulo estático del calcáneo:** Pie derecho: (); Pie Izquierdo ().
- **Tipo de apoyo plantar:** Pie derecho: (); Pie Izquierdo ().

VARIABLES CINEMÁTICAS

◆ CARRERA:

- ⇒ Ángulo dinámico de calcáneo: Pie derecho: (); Pie Izquierdo ().
- ⇒ Ángulo Q dinámico: Rodilla derecha: (); Rodilla Izquierda ().

◆ SALTO:

- ⇒ Ángulo dinámico de calcáneo: Pie derecho: (); Pie Izquierdo ().
- ⇒ Ángulo Q dinámico: Rodilla derecha: (); Rodilla Izquierda ().

OBSERVACIONES
