



Universidad de concepción del Uruguay

2015

“Evaluación del nivel de afectación articular de la rodilla en el desarrollo de competencia de fútbol femenino sobre césped sintético y natural”



Prof. Cristina Soledad Fera

Licenciatura en Educación Física con
orientación en Ciencias del Ejercicio



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN DEL URUGUAY

Centro Regional Rosario

**Licenciatura en Educación Física
con Orientación
en Ciencias del Ejercicio**

TESIS

Título: “Evaluación del nivel de afectación articular de la rodilla en el desarrollo de competencia de fútbol femenino sobre césped sintético y natural”

Autor: FERIA, Cristina Soledad

Director: ABDALA, Marcelo Alberto



ÍNDICE

1. Resumen.....	4
2. Introducción	6
3. Planteo del Problema.....	6
4. Hipótesis General	7
5. Hipótesis de trabajo.....	7
6. Objetivos	7
6.1 Objetivo general	7
6.2 Objetivos específicos.....	7
7. Justificación y Resultados Esperados.....	8
8. Marco Teórico.....	8
8.1 Características del Fútbol.....	8
8.2 Característica de la actitud física de los futbolistas.....	10
8.3 Microtraumatismos o esfuerzos repetidos	10
8.3.1 Definición.....	10
8.3.2 Factores mecánicos en microtraumas.....	12
8.3.4 Lesiones por microtraumatismos o esfuerzos repetidos.....	12
8.4 Fuerza de reacción generada	13
8.4.1 Fuerza de reacción generada tras los impactos provocados durante la carrera y saltos en los deportes.....	13
8.4.2 Fuerza de reacción de la articulación femoropatelar y área de contacto femoropatelar.....	14
8.5 Análisis biomecánico del gesto motor.....	14
8.6 Ecografía	17
8.6.1 La ecografía en el campo del deporte.....	17



8.6.2 Variables observadas.....	19
8.6.3 Ventaja de la ecografía.....	25
8.7 Tipos de césped: césped natural vs artificial	26
8.7.1 Césped natural.....	27
8.7.2 Césped artificial.....	27
8.7.3 Influencia de la superficie sobre las lesiones	27
8.8. Componentes de la rodilla.....	29
8.8.1. Superficies articulares	29
8.8.2. Medios de unión	30
8.8.3. Plano tendinoso	32
8.8.4. Mecanismo de la articulación de la rodilla.....	34
9. Materiales y Métodos	35
9.1 Población, muestra y unidad de análisis.....	35
9.2 Variables consideradas.....	36
9.3 - Diseño de trabajo	36
9.4 - Metodología.....	37
9.5 Criterios de inclusión	39
9.6 Instrumentación y técnicas	40
9.7 Análisis estadístico.....	41
10. Resultados obtenidos.....	42
11. Discusión.....	49
12. Conclusión.....	52
13. Reconocimientos y agradecimientos	53
ANEXOS.....	55



1. Resumen

Objetivo

El objetivo de este estudio fue identificar si existe alteración aguda de las estructuras de la rodilla (pierna hábil e inhábil) luego de un estímulo (partido) y si el tipo de superficie (césped sintético o césped natural) afecta la articulación evaluando: el grosor del tendón rotuliano (GTR), su ecogenicidad (ETR), la hidrartrosis (HID), el engrosamiento articular sinovial (EAS) y el grosor de los ligamentos laterales (GLL). Además se evaluó a la ecografía como método preventivo de alteraciones en las estructuras de rodilla

Métodos

En el estudio participaron veinticuatro futbolistas amateurs de $16,33 \pm 4,43$ años, $1,58 \pm 0,05$ metros de altura y $53,45 \pm 10,76$ kg de peso corporal de la escuela de fútbol femenino perteneciente al Complejo Educativo Escuela Cristiana Evangélica Argentina (ECEA) N° 3150. La prueba en césped sintético consistió en jugar un partido de fútbol de dos tiempos de treinta minutos con diez minutos de descanso. Previamente se evaluó ecográficamente las rodillas a todo el grupo participante para observar el estado de las estructuras anatómicas. Se dividieron en pequeños subgrupos de seis jugadoras, para que sean los tiempos de la toma de la muestra similares. Finalizado el partido inmediatamente se repitió la evaluación ecográfica articular. Según protocolo de evaluación se cumplieron las medidas de hidratación, alimentación y descanso, previas, durante y posteriores a la competencia. La prueba en césped natural se llevó a cabo de la misma manera una semana después para asegurar que el posible proceso inflamatorio generado por la competencia en césped sintético haya desaparecido completamente.



Resultados

Se halló que en césped sintético el GTR, la HID y la ETR tanto para la pierna hábil como para la inhábil aumenta significativamente después del partido ($p < 0,01$). Similares resultados se observaron sobre césped natural ya que el GTR y la HID de la pierna hábil e inhábil aumentaron significativamente después del partido ($p < 0,05$). Sin embargo, en césped natural no se observaron cambios significativos en ETR.

No se hallaron diferencias significativas entre un césped y el otro en cuanto al GTR ya que las desmejoras son similares ya sea sobre césped natural como sintético. En la HID para la pierna hábil, se observó un aumento significativo después del partido ($p < 0,05$) a favor del césped sintético mientras que en la pierna inhábil no se hallaron diferencias en función del tipo de césped. En ETR la desmejoras es mayor en césped sintético tanto para pierna hábil como para pierna inhábil, aumentando significativamente después del partido ($p < 0,05$).

Con respecto al engrosamiento de la membrana sinovial y al grosor de los ligamentos laterales no se observaron alteraciones a través de la ecografía.

Conclusiones

En base a los resultados expuestos anteriormente se concluye que las estructuras de la rodilla presentan alteraciones agudas posteriores a una carga de trabajo (partido), y se determina la importancia que tienen los microtraumatismos a repetición en la rodilla en los dos tipos de suelo estudiados, afirmando la primer parte de la hipótesis planteada. Además permiten concluir que el césped sintético, en la ETR de ambas piernas y el grado de HID en la pierna hábil, produce mayor alteración articular que el césped natural después del partido, avalando la segunda hipótesis.



2. Introducción

Se ha comprobado que el fútbol es el deporte que más se practica en los tiempos libres por eso es importante entre otras cosas tener en cuenta el tipo de terreno de juego que se utiliza para evitar afectaciones articulares que podrían llevar a lesiones irreversibles en el futuro. La rodilla, articulación muy expuesta a los traumas deportivos, tiene muchos factores predisponentes que pudieran desencadenar una lesión aguda o por sobreuso deportivo¹. En este trabajo estudiaremos la articulación de la rodilla, siendo la más afectada en este tipo de deporte y es la articulación más frecuentemente referida por los deportólogos para ser examinadas ecográficamente.²

La carrera, saltos, giros, y cambio de dirección y sentido son gestos deportivos indispensables para la ejecución del deporte y en estos deportistas con frecuencia algunas lesiones no producen síntomas y el diagnóstico ecográfico preventivo sería muy útil lo que permitiría actuar preventivamente a fin de mantener la integridad del soma, base de todo proyecto deportivo y lograr una respuesta adaptativa positiva para alcanzar la forma deportiva necesaria para la competencia.

3. Planteo del Problema

¿Existe afectación aguda posterior a una carga de trabajo (partido) en la articulación de la rodilla?

Si existe dicho proceso: ¿Varía el nivel de afectación articular según la práctica del fútbol se lleve a cabo sobre césped sintético o natural?



4. Hipótesis General

El estado actual del conocimiento sobre el tema permite hipotetizar, en general, que las estructuras de rodilla presentan alteraciones agudas posteriores a una carga de trabajo (partido) y que dichas alteraciones serán de un nivel más severo después de una competencia deportiva de fútbol realizada sobre césped sintético que sobre césped natural.

5. Hipótesis de trabajo

Aceptando a priori la hipótesis general enunciada, se establece que las estructuras de rodilla presentan alteraciones agudas luego de una carga de trabajo (partido) y que el nivel de dichas alteraciones es más severo si la competencia deportiva de fútbol se realiza sobre césped sintético que si se lleva a cabo sobre césped natural, en jugadoras de 12 a 25 años, de la escuela de fútbol femenino que pertenecen al Complejo Educativo Escuela Cristiana Evangélica Argentina (ECEA Rosario), durante el año 2015.

6. Objetivos

6.1 Objetivo general

El objetivo general de este trabajo es identificar si existe alteración aguda de las estructuras de la rodilla luego de un solo estímulo (partido) y qué tipo de superficie afecta más esta articulación, evaluando la posible afectación post competencia de fútbol femenino sobre césped sintético y natural.

6.2 Objetivos específicos

1. Evaluar el grosor del tendón rotuliano, su ecogenicidad, la hidrartrosis, el engrosamiento articular sinovial y el grosor de los ligamentos laterales como parámetros de afectación articular de la rodilla en diferentes superficies del terreno de juego: césped sintético o natural.



2. Estudiar las posibilidades de la ecografía como método preventivo de alteraciones en las estructuras de rodilla.

7. Justificación y Resultados Esperados

La práctica de ejercicio físico implica una serie de beneficios para el organismo, pero en muchos casos suele desencadenar trastornos lesionales recurrentes. En este trabajo se estudia la importancia de la superficie de juego en la producción de lesiones producidas por microtraumatismos en la articulación de la rodilla, evaluadas ecográficamente. Los mecanismos de producción varían desde una irrupción brusca de la agresión con la producción de una lesión aguda, hasta la provocación mediante un mecanismo de repetición de lesiones por sobrecarga o sobreuso, relacionados con la reiteración de determinados gestos y movimientos necesarios para la práctica deportiva, provocando una sucesión de microtraumatismos a nivel de la rodilla, siendo estos más severos en césped sintético que natural, debido a que el césped sintético es una superficie dura, que favorece el desarrollo de lesiones de sobrecarga, por su rigidez. El jugar sobre césped natural tendría menos riesgos de lesiones ya que tiene una mayor capacidad de amortiguación de los impactos.

Investigar esta temática fue importante ya que considero que a través de sus resultados, pudieron desarrollarse métodos de diagnósticos preventivos de alteraciones en las estructuras de rodilla, utilizando la ecografía. El desarrollo de este trabajo de investigación tiene la finalidad de ofrecer a los profesores de Educación Física y Entrenadores, el conocimiento de la afectación articular que pueden producir los diferentes terrenos de juegos en las prácticas de fútbol.

8. Marco Teórico

8.1 Características del Fútbol

En una revisión publicada por Thomas Reilly ³, se especifica que el fútbol tiene una importante contribución energética aeróbica (se juega en un promedio del 75% VO₂max.).



También es importante remarcar que el fútbol competitivo está compuesto por esfuerzos de alta intensidad, intercalado por esfuerzos de menor intensidad (parado, caminando, trotando, carrera de moderada y alta intensidad, etc.)⁴. En muchas revisiones y análisis de los movimientos, durante la competencia en el fútbol, se cuantificó que los jugadores desarrollan carreras rápidas y “sprints” de 2” a 8” de duración, separados por periodos de otras actividades menos intensas, cada 35-45” (valores en promedio). Debido a estas características, este deporte siempre se juega en fatiga y hay tres causas que la originan: 1°. Se vacía la reserva de la fosfocreatina, combustible muscular; 2°. Acumulación moderada de ácido láctico que genera pérdida de fuerza, velocidad, coordinación fina, destreza y resistencia; y 3°. Después de 1 hora de juego, hay vaciamiento de glucógeno muscular.

Partiendo de un dato extremo: un futbolista profesional (90 minutos de juego en cancha de 105 x 70 m) se desplaza alrededor de 9.000 metros por partido. Hace dos décadas atrás, un jugador corría 2.500 metros menos. En veinte jugadores, esto representa, en la actualidad, desplazarse entre 60 y 70 km más en la misma superficie^{5 6}. Por lo cual, aumentó el volumen de la carrera (la cantidad de metros) y la intensidad (porque hay pocos espacios vacíos y tiempo para decidir). Hoy los espacios vacíos se redujeron dramáticamente y los tiempos de recepción y decisión disminuyeron ampliamente.

En una cancha de fútbol 5 la dinámica del juego es comparable a un partido de básquet. Una superficie pequeña donde la pelota prácticamente no sale porque rebota y vuelve (casi no hay pausas); y además, la forma de ataque y defensa tiene una dinámica muy veloz. Entonces, el error es pensar que al jugar fútbol 5 no hay exigencia física.

El fútbol se juega a 5 velocidades⁷, con diferentes combustibles:

- Velocidad I - Caminata: 1,30 a 2,00 m/s (~ 4.100 m)
(Ejercicio recuperador) - Grasas y ácido láctico removido / oxidado
- Velocidad II - Trote suave: 2,00 a 3,80 m/s (~ 1.900 m)
(Ejercicio recuperador) - Grasas y ácido láctico removido / oxidado
- Velocidad III - Trote rápido: 3,80 a 5,00 m/s (~ 1.600 m)
(Ejercicio recuperador o fatigador) - Grasas y carbohidratos



- Velocidad IV - Carrera rápida: 5,00 a 7,00 m/s (~ 1.200 m)
(Fatigador) - Carbohidratos y fosfocreatina
- Velocidad V – Piques (“Sprint”): 6,93 / 8,15 m/s (~ 800 m)
(Fatigador) - Carbohidratos y fosfocreatina

8.2 Característica de la actitud física de los futbolistas

Los requerimientos en el fútbol son muchos y variados, necesitando los jugadores una capacidad aeróbica para mantener el ejercicio durante toda la competencia, la habilidad para acelerar rápidamente en distancia cortas y desacelerar o cambiar de dirección sin previo aviso. Además, frecuentemente deben generar una alta potencia anaeróbica en los saltos, atajadas, pases, etc. Necesitan agilidad con el fin de cambiar de dirección rápidamente, flexibilidad muscular para estirarse y llegar a la pelota, y requiere de un fuerte tejido conectivo para soportar los traumatismos físicos. Su estructura muscular refleja los reiterados movimientos de patadas y las acciones que generan fuerza durante o el juego.

8.3 Microtraumatismos o esfuerzos repetidos

8.3.1 Definición

El término microtraumatismo proviene de microtrauma que significa “traumatismo microscópico”. Es la definición etimológica denotativa de la palabra, pero en medicina hay una definición connotativa dada por la clínica semiológica traumatológica: los microtraumatismos son pequeños traumas físicos por la realización de ciertos trabajos o deportes, por causas de movimientos repetitivos, esfuerzos excesivos, posturas inadecuadas o forzadas de articulaciones o por la exageración de los movimientos articulares normales: flexión, extensión, rotación, inclinación y la combinación de los mismos. Los microtraumatismos se atribuyen al sobre uso, que es el uso repetitivo de una carga excesiva que produce un estrés que excede la tolerancia tisular para resistir la lesión. La carga excesiva puede producirlo durante un episodio único al ejecutar una actividad o a lo largo de movimientos repetitivos. El uso repetitivo puede darse en un periodo relativamente



corto, como por ejemplo en un único episodio de lanzamiento de balón de 1 hs de duración.⁸⁹

De estos movimientos microtraumáticos surgen trastornos musculoesqueléticos con micro o macrodesgarros, microhemorragias intramusculares, distensión de fibras o filamentos tisulares, etc. que deterioran tejidos, tendones, nervios, músculos, vasos y articulaciones. Los microtraumatismos repetitivos actúan por presión y fricción de articulaciones o tejidos.

Se denomina “repetitivo” a todo aquello que se repite varias veces, en forma continua y en rápida sucesión.

El criterio basado en hechos pragmáticos y empíricos, difíciles de cuantificar o colocar un estándar, es que repetitivo debe basarse esencialmente en lo que se repite varias veces ya sea en lapsos cortos, medianos o largos.

Un deportista que corre una maratón de 42 km realiza movimientos repetitivos mayores que el que corre 10 km, pero la cantidad no influye en la calidad del movimiento, pues es repetitivo a menor escala, sino en los resultados del movimiento. Evidentemente, quien realice más movimientos repetitivos (cantidad) o más forzados (calidad por intensidad), tendrá lesiones en más cantidad e intensidad que el que debe realizar movimientos menores en cantidad y calidad.

Dadas las características del deporte y el aumento notable durante las últimas décadas en la intensidad, frecuencia y duración de los entrenamientos, se ha observado paralelamente, un incremento en la incidencia de lesiones de rodillas ocasionadas por la repetición estereotipada de gestos propios de esta disciplina que dan lugar a microtraumas repetidos; asociándose adicionalmente, terrenos inadecuados, calzados inapropiados así como factores genéticos individuales predisponentes y condiciones fisiológicas propias del sexo femenino.¹⁰



8.3.2 Factores mecánicos en microtraumas

Los microtraumas se refieren a los cambios microscópicos que operan en la degradación cartilaginosa como estadio preclínico de las lesiones óseas. Los factores mecánicos que provocan microtraumas serían:

- 1) Presión o compresión continua (contusión intraarticular) provocadas por la hiperfunción y sobrecarga articular.
- 2) Microtraumatismos repetitivos por movimientos reiterados.
- 3) Inestabilidad articular por tensión anormal musculoligamentosa.
- 4) Hipertensión intraarticular.

Las lesiones por sobreuso son bastante frecuentes en deportistas de cualquier edad o nivel de competición. El microtraumatismo es uno de los dos mecanismos principales de las lesiones deportivas. El otro mecanismo principal es el macrotraumatismo, el cual se define como lesiones agudas súbitas a partir de fuerzas principales, por ejemplo, una fractura desplazada de la tibia.

8.3.4 Lesiones por microtraumatismos o esfuerzos repetidos

Los microtraumatismos son los responsables de diferentes alteraciones articulares, comenzando la mayoría de ellas en forma subclínicas, esto quiere decir sin síntomas manifiestos. Las alteraciones articulares más frecuentemente encontradas son las siguientes:

Bursitis: es la inflamación de una bursa (bolsa), un saco lleno de líquido que actúa como amortiguador entre los músculos, los tendones y los huesos.

Tendinitis: es la inflamación de un tendón, la estructura fibrosa que une el músculo con el hueso. En muchos casos, también se presenta tendinosis (degeneración del tendón).

Sinovitis: inflamación aguda o crónica de la membrana sinovial, especialmente de las articulaciones. Las causas pueden ser diversas: traumatismos, infecciones y enfermedades metabólicas (gota), reumáticas o del colágeno. Generalmente se observa tumefacción y



dolor de la zona afectada, exudación de líquido y una limitación de la movilidad de la articulación.

Entesitis: es la inflamación de la entesis, sitio donde los tendones o ligamentos se insertan en el hueso.

Enteropatía: cualquier condición patológica que implique a la entesis.

Condromalacia rotuliana: Degeneración del cartílago subyacente de la rótula debido a un desgaste y roce excesivo durante esfuerzos anormales y repetidos de la misma con la tróclea femoral.

8.4 Fuerza de reacción generada

8.4.1 Fuerza de reacción generada tras los impactos provocados durante la carrera y saltos en los deportes.

La carrera, el salto, los giros y los cambios de dirección y cambio de sentido son gestos deportivos que se utilizan en gran cantidad de deportes, como fútbol, básquet, hándbol, etc. De todos estos gestos el que más tiene repercusión en la rodilla es el salto. Además, el salto es uno de los factores involucrados en la etiopatogenia (etio: factor que lo produce, patogenia: cómo se desarrolla la lesión) de la tendinopatía rotuliana. Las fuerzas de reacción generadas al realizar un salto vertical a partir de la bipedestación, que se transmiten a través del sistema musculoesquelético desde los pies hasta la cabeza, alcanza valores de hasta 4 veces el peso del jugador y de hasta 9 veces cuando se realiza un salto con una carrera previa. Si a eso se añade que el salto es un gesto repetitivo, se comprende lo lesivo que puede llegar a ser para la rodilla del deportista. Por otro lado durante la carrera las fuerzas de impacto con el suelo se sitúan en torno a 2-3 veces el peso del cuerpo. Todo esto tiene un efecto acumulativo a lo largo del periodo de pretemporada, entrenamiento o de una competición, sin olvidar el deporte que practican los adolescentes en clases de educación física. Estos gestos deportivos son inevitables e inherentes al deporte, pero pueden ser mitigados.^{11 12}



8.4.2 Fuerza de reacción de la articulación femoropatelar y área de contacto femoropatelar

Reilly y Martens¹³, han calculado que la fuerza de reacción femoropatelar durante la deambulación es de 0,5 veces el peso corporal. Subir escaleras aumenta la carga de compresión hasta 3,3 veces el peso corporal y hacer flexiones profundas de las rodillas produce carga de 7 a 8 veces el peso corporal. Es decir, ciertas actividades de la vida cotidiana son responsables del incremento de la fuerza de reacción femoropatelar. En el deporte son frecuentes las posiciones en flexión mantenida de la rodilla.

8.5 Análisis biomecánico del gesto motor

Los tres gestos motores principales del deporte son la carrera, el salto y el remate al arco¹⁴.

Carrera: de manera general cada futbolista tiene una forma distinta de correr. Sin embargo, comprendiendo y entendiendo estas diferencias individuales, existen pautas generales de eficiencia motriz y biomecánica que nos indican como debe ser la zancada de un futbolista y la descomposición de la misma. La carrera consta de diferentes fases:

- Impulso
- Fase aérea
- Amortiguación
- Sostén
- Acción de tronco y brazo



Salto en relación al balón: el salto es un continuo intercambio de fuerza (de frenado, impulsos, acción y reacción), resultante de la sumatoria de las fuerzas actuantes sobre las articulaciones de caderas, rodillas y tobillos; es un gesto natural que se evidencia en el fútbol para cabecear y se puede realizar con una pierna o con ambas, con o sin carrera, con preponderancia en altura o en distancia, con o sin impulso de brazos. El contacto con la pelota debe hacerse con la frente, parietal izquierdo y parietal derecho. Los ojos siempre necesitan estar abiertos hasta el impacto y fijos en la pelota, y el cuerpo en posición alineada. El jugador se balancea hacia atrás y empuja su cuerpo hacia delante para encontrar la pelota.

Para darle potencia al cabezazo se requiere una buena coordinación de diferentes fuerzas. La pelota debe ser golpeada en la cima del salto. Si el jugador salta antes, tocará la pelota cuando va hacia abajo y perderá fuerza.



El remate al arco: el remate al arco es la acción técnica individual que culmina generalmente tras una jugada colectiva, que consiste en golpear o impactar la pelota hacia el arco rival, con el objetivo de convertir un gol.

La mecánica básica del remate arco se puede dividir en:

- Colocación del pie de apoyo lateralmente y ligeramente detrás de la pelota.
- Movimiento del miembro inferior que realiza el remate al arco desde una posición retrasada respecto al tronco hasta una posición adelantada.
- Posición del cuerpo y colocación de la superficie de contacto (empeine, cara interna o cara externa) con respecto a la pelota.
- El remate al arco propiamente dicho (comunicación de la fuerza).
- Acción moderada de frenado del miembro inferior ejecutante una vez terminado el remate al arco.

El resto de segmentos libres, como los miembros superiores, ayudan a mantener el equilibrio necesario del sistema para un remate eficaz.



8.6 Ecografía

8.6.1 La ecografía en el campo del deporte

Los constantes avances en el campo de la ecografía -principalmente el desarrollo de sondas de alta frecuencia capaces de permitir una excelente visualización de las denominadas pequeñas articulaciones y los tejidos superficiales, como también la evaluación de la técnica de la teoría Doppler de poder brinda la posibilidad de valorar pequeños incrementos de la vascularización en distintas regiones de interés.

Una de sus principales virtudes es la posibilidad que nos brinda en la actualidad de detectar en forma temprana, y muchas veces antes que el examen clínico y/o la radiología convencional, los distintos procesos patológicos (compromiso inflamatorio, daño anatómico) que se presentan en las mismas afecciones. Por otro lado, la posibilidad de establecer distintos grados de afección ecográfica, ya sea en cuanto al compromiso inflamatorio y/o al daño anatómico, nos permite realizar un monitoreo terapéutico a través de esta técnica de imagen. Estas virtudes sumadas a distintas ventajas como la inocuidad, el bajo costo operativo, la excelencia aceptación por parte de los pacientes y la capacidad del estudio en tiempo real y dinámico han convertido a la ecografía en un método de interés creciente, llegando a ser un método de uso casi rutinario en algunos centros¹⁵.



- Valoración de la patología tendinosa:

La ecografía puede ser considerada uno de los métodos de imagen para el estudio de los tendones. Estos pueden ser explorados a lo largo de todo su trayecto (tendón propiamente dicho) y a nivel de su inserción ósea (área de entesis).

La distensión de la vaina sinovial, la pérdida de la ecoestructura fibrilar del tendón y de la definición de los márgenes tendinosos son las alteraciones más frecuentes en el curso de la patología tendinosa. La ecografía también permite reconocer probables pérdidas de sustancia (rupturas) a dicho nivel.

La entesitis como característica distintiva de las lesiones de columna vertebral puede ser adecuadamente valorada por la ecografía, permitiendo identificar muchas veces el compromiso inflamatorio subclínico a dicho nivel.

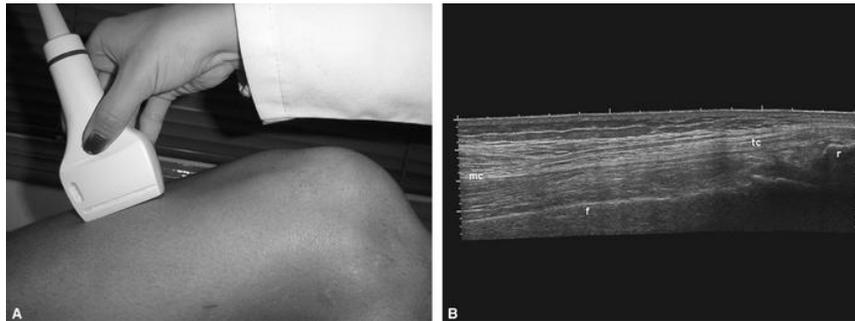
Por otro lado, puede brindar información valiosa del status inflamatorio a través de la utilización del Doppler de color o Doppler de poder.



- Estudio de cartílago articular

Por otro lado la evaluación del cartílago hialino se ha convertido en un blanco de interés creciente para el estudio de pacientes con sospecha diagnóstica de daño articular mínimo.

No debemos olvidar, que la ecografía también nos brinda la posibilidad de valorar el fibrocartílago articular (ligamento triangular del carpo, meniscos de la rodilla, etc) donde muchas veces se sientan depósitos de cristales de pirofosfatos de calcio, colaborando en el estudio de pacientes.



8.6.2 Variables observadas

8.6.2.1 Ecogenicidad

El ecógrafo a través del transductor emite ultrasonidos, que al propagarse a través de los tejidos y chocar contra las interfases reflectantes, se reflejan en distinta proporción según la composición de los tejidos, dando lugar a las imágenes en "escala de grises": hiperecoica, hipoeicoica, anecoica o isoeicoica y generando, a veces, artefactos del tipo de sombra acústica posterior, refuerzo ecogénico posterior o anisotropía entre otros.

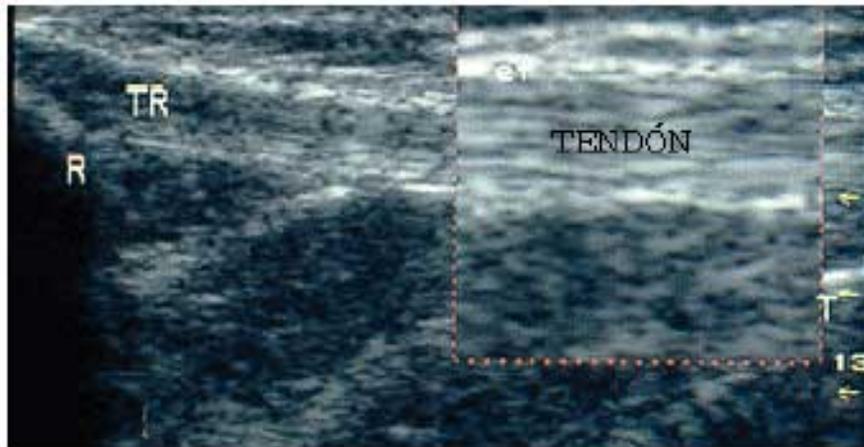
Las estructuras corporales están formadas por distintos tejidos, lo que da lugar a múltiples interfases que originan, en imagen digital, la escala de grises.



El elemento orgánico que mejor transmite los ultrasonidos es el agua, por lo que ésta produce una imagen ultrasonográfica anecoica (negra). En general, los tejidos muy celulares son hipoeoicos, dado su alto contenido de agua, mientras que los tejidos fibrosos son hiperecoicos, debido al mayor número de interfases presentes en ellos¹⁶.

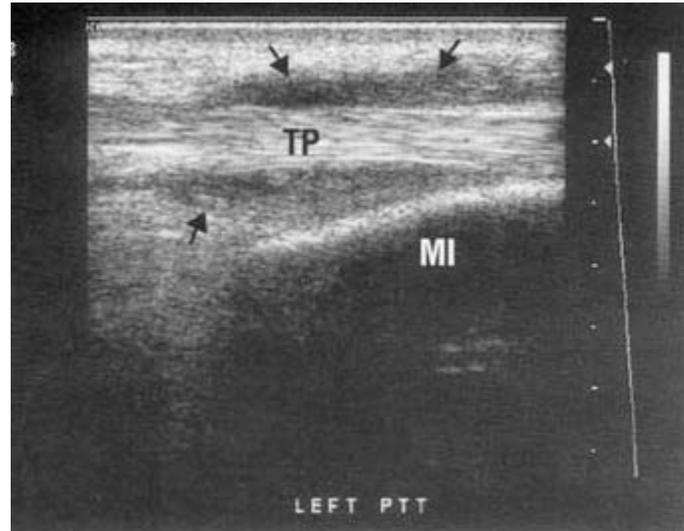
Imágenes elementales en ecografía.

- Imagen ecogénica o isoecogénica: en condiciones normales el parénquima de un órgano se presenta como estructura de similar ecogenicidad en todo el corte ecográfico, imagen reflectante, gris a la visión óptica, típica de los tendones (finos ecos lineales, paralelos y ecogénicos reflectantes)¹⁷



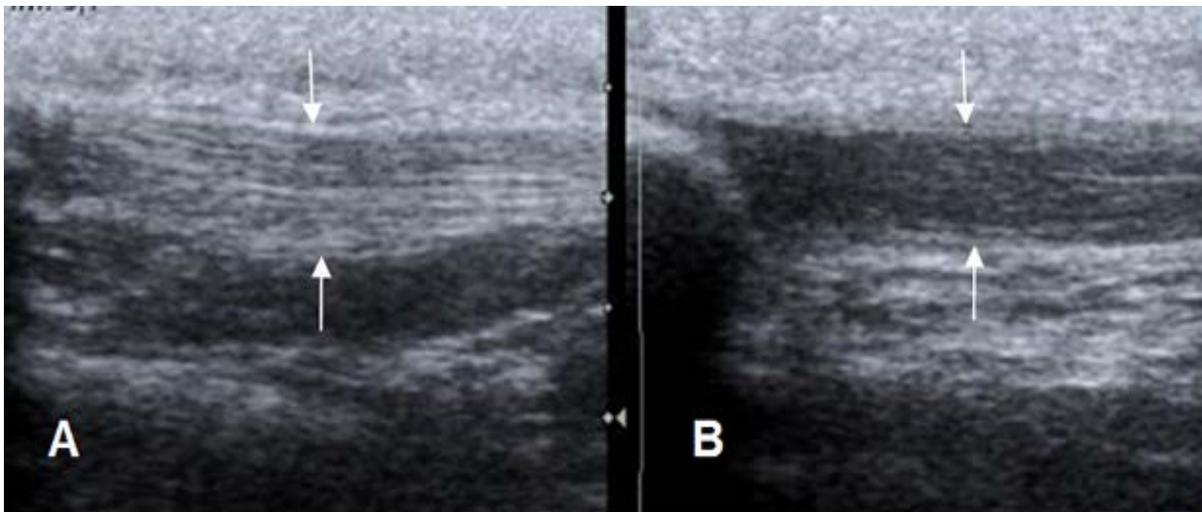
Tendón rotuliano (TR) en corte longitudinal. R: rótula; T: tibia.

- Imagen hiperecogénica/hiperecoica: se produce cuando en el interior de esa estructura existen interfases más ecogénicas que el parénquima normal que la circunda. Imagen intensamente reflectante, de color blanco intenso, típica del hueso, calcificación, cicatriz, engrosamiento bursal.



Líneas hipercoicas del tendón tibial posterior.

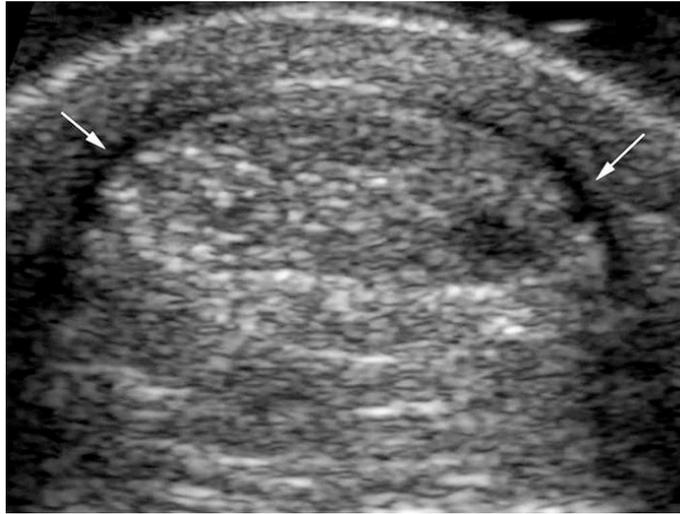
- Imagen hipoecogénica/hipoecoica: Se produce cuando en el interior de la estructura anormal existen interfases de menor ecogenicidad que en la estructura normal que la circunda. Imagen poco reflectante, de color gris oscuro, típica de las tendinitis, desestructuración, inhomogeneidad, sombra posterior o del músculo normal, dado que éste es hipoecoico respecto del tendón.





A: Ecografía sagital. Tendón patelar de ecogenicidad normal. B: Ecografía sagital. Tendón patelar hipoecoico y con pérdida de su patrón fibrilar, por inflamación aguda.

- Imagen anecogénica/anecoica: Se produce cuando el ultrasonido atraviesa un medio sin interfases reflectantes en su interior. Imagen no reflectante, de color negro intenso, típica de los derrames, hematomas, acumulación de líquido, roturas, cartílago, quistes.



Tendón cuadriceps con presencia de líquido anecoico alrededor del tendón.

8.6.2.2 Grosor del tendón rotuliano

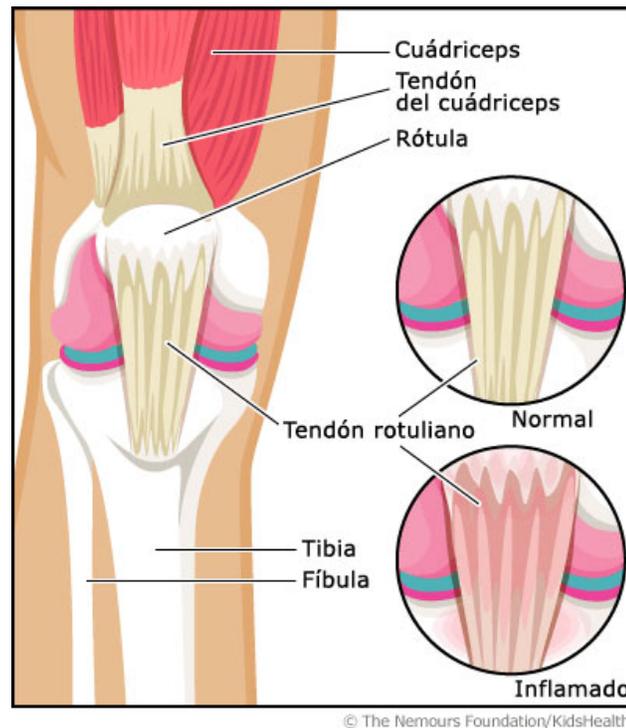
El tendón rotuliano es la continuación del tendón del cuádriceps femoral hasta su inserción en la tuberosidad de la tibia. Pueden observarse bolsas o bursas sinoviales por encima y por debajo del tendón rotuliano y también sobre la rótula y debajo del tejido celular subcutáneo.

El tendón rotuliano se encuentra en la articulación de la rodilla y conecta la rótula y el tendón de los cuádriceps con la tibia. Los tendones son estructuras de tejido de unión fibroso que se originan en el músculo y se insertan en el hueso, son el medio de unión entre ellos. Su función del tendón es muy similar a un ligamento, que es un cordón fibroso que une dos huesos, en este caso la rótula y la tibia. De hecho, el tendón de la rótula es la



continuación de los cuádriceps, se utiliza para transmitir las fuerzas del músculo cuádriceps con la tibia y extender la rodilla. La rotura del tendón rotuliano es una lesión muy extraña y poco frecuente porque los tendones son muy fuertes, especialmente en la rótula, que puede soportar una tensión de alrededor de 8 veces el peso corporal. Esta rotura llega como consecuencia de una tendinitis crónica o una lesión parcial del tendón. Los tendones se van degenerando lentamente. Algunas deformaciones anatómicas o defecto del eje como la rodilla en valgo o disimetría de las extremidades puede causar que el tendón no funcionen correctamente y así predisponer a la inflamación. Además los atletas pueden desarrollar esta lesión debido al uso excesivo determinado por los saltos continuos, patadas, golpes y cambios de dirección, sobre todo a los jugadores de fútbol, los levantadores de pesas, jugadores de baloncesto, voleibol, etc.

Es un cordón fibroso de unos 6 mm de espesor, 30 mm de ancho y 43 mm de largo.¹⁸





8.6.2.3. Hidroartrosis:

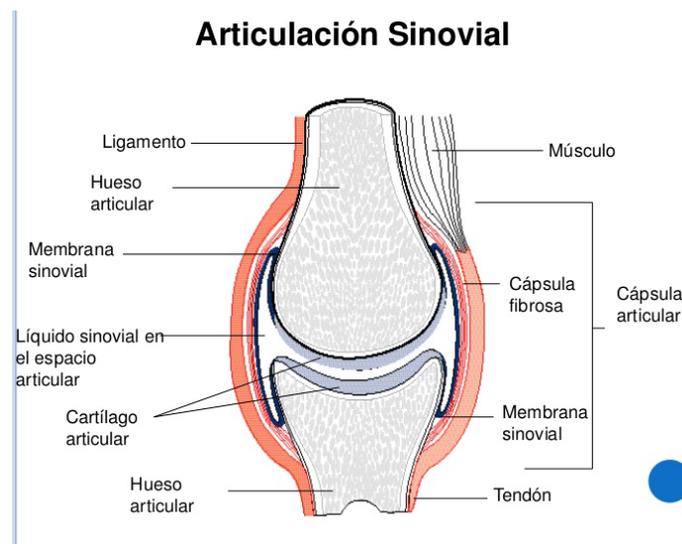
Es la acumulación o derrame de líquido seroso adentro de la articulación. Normalmente las articulaciones contienen una escasa cantidad de líquido sinovial, que tienen entre otras funciones, la de lubricación y nutrición de los cartílagos articulares.

En el caso de la hidroartrosis esta cantidad de líquido aumenta en forma abrupta. Las causas podrían ser traumatismos e inflamación.

Sabiendo que el espacio articular es de 2 mm a eso lo consideramos normal, cuando el líquido produce una distensión entre 2 y 4 mm es considerado grado 1, entre 4 a 6 mm es considerado grado 2 y más de 6 mm es grado 3. ¹⁹

8.6.2.4. Engrosamiento articular sinovial

La membrana sinovial es la capa más interna de una cápsula articular, que rodea a una articulación de libre movilidad. La membrana sinovial está unida de forma laxa a la cápsula fibrosa externa. Segrega en la articulación un líquido viscoso que normalmente lubrica la articulación, pero que se puede acumular en cantidades capaces de provocar dolor cuando se lesiona la articulación y producir hidroartrosis. La membrana sinovial tiene un espesor que va entre 1 y 2 mm. ²⁰





8.6.3 Ventaja de la ecografía

La introducción vertiginosa de la ecografía en Medicina y Traumatología del Deporte se ha producido, como consecuencia de la gran cantidad de ventajas que aporta esta técnica diagnóstica sobre otras técnicas de estudio, especialmente en la valoración de tejidos como el músculo, ligamento y tendón. Entre estas ventajas hay que señalar las siguientes:

- Permite desarrollar estudios dinámicos, que determinen con exactitud, el diagnóstico de pequeñas lesiones, que puedan pasar desapercibidas, cuando las estructuras permanecen en reposo. En el caso de uniones articulares complejas como la articulación escapulohumeral, a partir de maniobras dinámicas, se puede demostrar la existencia de síndromes de atrapamiento.
- Permite la realización de estudios reiterados que facilitan un control evolutivo en el día a día del deportista lesionado.
- Al carecer de contraindicaciones, esta técnica, rápida y de bajo costo, permite realizar la exploración comparativa con el lado sano para precisar la extensión y las características del área lesional.
- En la actualidad la utilización de equipos compactos facilita el empleo de esta técnica a pie de campo, gracias a la comodidad de aplicación, la inocuidad, su carácter no radiante y su accesibilidad.
- Los nuevos avances tecnológicos como el estudio tridimensional, la elastografía, el Doppler de alta resolución o la cuantificación del Doppler, están permitiendo completar el examen de la lesión músculo-esquelética de forma que, pequeñas lesiones son ahora fácilmente diagnosticadas.
- Capacidad de estudiar múltiples regiones articulares durante el mismo examen, en tiempo real y dinámico con técnica multiplanar. Los equipos ecográficos actuales nos brindan la posibilidad de llevar a cabo un estudio completamente dinámico y en tiempo real. Resaltando la posibilidad de estudiar múltiples regiones articulares en la misma consulta, y extender el estudio de nuestros pacientes de acuerdo a la sospecha diagnóstica sin que esto se traduzca de elevados costos e insumos de grandes tiempos tanto para el paciente como para los médicos.



- Bajo costo operativo. Si bien el costo de un equipo ecográfico de última generación correctamente equipado (juego de sondas lineales multifrecuencia que cubran un amplio espectro de frecuencia del Doppler de poder) puede resultar de un alto valor, el estudio ecográfico en sí mismo es de bajo costo si se lo compara principalmente con otras técnicas de imágenes.
- Inocuidad. Es bien conocida la inocuidad de la ecografía dado que se trata de una técnica de imágenes no invasivas y que no utiliza radiaciones, no conociéndose hasta la actualidad casi ninguna contraindicación para llevar adelante un estudio ecográfico.
- Aceptabilidad de parte del paciente. Esto se desprende del ítem anterior sumado a que es una técnica que no produce dolor ni molestias, es realizada en un lugar abierto y que no suele insumir mucho tiempo.
- Velocidad. Los estudios ecográficos de las distintas articulaciones no suelen durar más de 15 minutos, valorando tanto el compromiso inflamatorio de articulaciones y tendones, como el eventual compromiso erosivo.
- Portátil. Este es un aspecto muy importante, en la actualidad se cuentan con equipos portátiles con excelentes poder resolutivos muy livianos y fácilmente transportables.

Por otra parte, hay que considerar algunos inconvenientes de la ecografía en comparación con otras técnicas diagnósticas, como es la escasa independencia del explorador, la variabilidad interobservador, la visualización deficiente del hueso, y estructuras intraarticulares así como la de ciertos músculos.²¹

8.7 Tipos de césped: césped natural vs artificial

La superficie donde se lleva a cabo el juego puede ser de césped natural o césped artificial. En la actualidad se utiliza más habitualmente el césped natural, con una tendencia cada vez mayor al artificial.



8.7.1 Césped natural

En la alta competición predomina el césped natural. Existen más de 10.000 variedades de césped pertenecientes a la familia de las gramíneas. Cada variedad de césped tiene sus propias características y se utiliza dependiendo de las condiciones climatológicas, tipo de uso, substrato, agua disponible, drenaje, sombra e incluso de las posibilidades económicas. En la práctica, no se suele plantar un césped natural con una sola especie sino que suelen mezclarse varias; para así poder mantener un césped verde todo el año, ya que se alternan especies con distintos ciclos.

8.7.2 Césped artificial

El césped artificial es el más utilizado en el fútbol aficionado por su menor costo y el menor mantenimiento. Algunos de los materiales utilizados para la fabricación de los sistemas de césped artificial son producidos a partir del reciclaje de neumáticos fuera de uso sin contaminar el medio ambiente. Algunos de estos elementos, se componen de hasta un 70% de materiales reciclados.

8.7.3 Influencia de la superficie sobre las lesiones

Para protegerse de los impactos derivados del salto y la carrera el cuerpo humano posee un sistema natural de amortiguación: tejido blando del talón, pronación del retropiés, dorsiflexión del tobillo, flexión de la rodilla, meniscos, cartílago articular y flexión de la cadera. El patrón de movimientos articulares tras el aterrizaje de un salto vertical comienza con las articulaciones distales para finalizar en las más proximales (metatarsofalángicas, mediotarsianas, subastragalina, tobillo, rodilla y cadera). La rodilla y la cadera desempeñan un papel de primer orden en el proceso de amortiguación tras un salto, mientras que la pronación del pie cumple un papel de primer orden durante la carrera. Ahora bien, esta flexión de rodilla que tiene un efecto positivo por su papel de amortiguación también tiene un efecto negativo concomitante al aumentar la fuerza de reacción de la articulación femopatelar. Por otro lado, la magnitud del impacto que soportará el organismo está en función no solo de la fuerza aplicada sino también del tiempo durante el cual se aplica



dicha fuerza. La amortiguación puede incrementarse potenciando estos mecanismos naturales como por ejemplo buena técnica o utilizando materiales exógenos como por ejemplo superficie de juego apropiada. De esta forma se pretende mitigar el impacto negativo que tienen sobre la rodilla ciertos gestos inherentes al deporte, y por lo tanto inevitables como la carrera y el salto.

Con respecto a la superficie de juego, cabe destacar el alto porcentaje de deportistas de nuestro medio que juegan y entrenan sobre superficies duras. Estas superficies duras favorecen el desarrollo de lesiones por sobrecarga debido a que, por su rigidez la fuerza de reacción tras los impactos producidos por la carrera o el salto son muy elevados. Lo ideal sería entrenar y jugar sobre materiales sintéticos con elevada capacidad de amortiguación de los impactos.

El campo de la biomecánica en el fútbol implica el estudio de diferentes patrones de movimiento tanto durante el juego como durante el entrenamiento. El desarrollo de la destreza de carrera en jugadores depende de factores biomecánicos relacionados con diferentes y variados gestos y las cualidades personales de cada jugador. No obstante, el desarrollo de los diferentes tipos de manifestaciones de la velocidad, la fuerza o la resistencia así como las destrezas en el gesto dependen en gran medida del tipo de superficie donde se desarrolla el juego. Algunos autores como Cavanagh, Mann y Scranton²² han estudiado la relación de algunas variables humanas como la fuerza de impacto al correr y esprintar; diferentes estilos de correr y la configuración del pie del deportista, con las superficies de juego a la hora de producir lesiones durante la práctica deportiva. Powell demostró que el césped artificial aumentaba el riesgo de lesiones de extremidad inferior, coincidiendo con otros estudios en que las de rodilla son las más frecuentes; entre un 14 y un 32%; con alta prevalencia de intervenciones quirúrgicas. Otros autores compararon no sólo el césped artificial con el natural; sino también con la tierra, corroborando el poder lesivo del césped artificial. Es en el estudio realizado por Scranton en 1997, donde se demostró que seleccionando sólo las lesiones del ligamento cruzado anterior sin contacto, estas eran significativamente superiores en el césped natural; 39.3% frente al 8.2% de las lesiones en el césped artificial.



8.8. Componentes de la rodilla

La articulación de la rodilla es una articulación troclear que une el fémur a la tibia y a la rótula.²³

8.8.1. Superficies articulares

8.8.1.1. Extremidad inferior del fémur

La superficie articular de la extremidad inferior del fémur presenta: por delante, la tróclea; por detrás, las superficies cóndileas, separadas de las vertientes de la tróclea por las ranuras cóndilotrocleares. Recordaremos: 1º que la vertiente externa de la tróclea es más ancha, más extensa y más saliente hacia delante que la interna; 2º que de los cóndilos, el interno está muy desviado hacia dentro, y que es más estrecho y más largo que el externo; 3º que las superficies cóndileas representan una curva espiral cuyo radio disminuye de adelante a atrás.

La superficie articular del fémur está revestida de una capa de cartílago, delgada en los bordes y más gruesa a nivel de la garganta de la tróclea y en la parte media de los cóndilos, donde alcanza tres milímetros de espesor. Las ranuras cóndilotrocleares son más aparentes en el hueso revestido de cartílago que en el hueso seco. La ranura cóndilotroclear interna es, generalmente, más acentuada que la externa.

8.8.1.2 Extremidad superior de la tibia

La extremidad superior de la tibia opone a las superficies cóndileas del fémur las cavidades glenoideas. La cavidad glenoidea interna es más cóncava, más larga y menos ancha que la externa. Cada una de las superficies articulares glenoideas se eleva sobre la espina de la tibia hasta el vértice del tubérculo correspondiente. Las cavidades glenoideas son las superficies articulares, en las cuales el cartílago de revestimiento alcanza mayor espesor; mide este de tres a cuatro milímetros en el centro de estas cavidades; disminuye en la periferia.



La presencia de un revestimiento cartilaginoso tan grueso en el centro, produce el efecto de modificar sensiblemente la forma de las superficies articulares: la concavidad de la cavidad glenoidea interna esta disminuida; la cavidad glenoidea externa conserva todavía una ligera concavidad transversal, pero se hace claramente convexa de adelante a atrás.

8.8.2. Medios de unión

8.8.2.1 Cápsula articular

La cápsula articular es una vaina fibrosa que se extiende de la extremidad inferior del fémur a la extremidad de la tibia. Por delante presenta una solución de continuidad que corresponde a la superficie articular de la rótula.

La inserción femoral de la cápsula rodea la superficie articular, a una distancia del revestimiento cartilaginoso que varía según los segmentos considerados. Por delante, la cápsula se inserta en el hueco supratrocLEAR. De la parte media del hueco supratrocLEAR, donde la inserción capsular está a un centímetro o a centímetro y medio del cartílago articular, la línea de inserción se inclina a cada lado hacia abajo y hacia fuera del eje del miembro y pasa cerca de los ángulos anteriores de la tróclea. Después se dirige hacia atrás por las caras laterales del cóndilo, alejándose gradualmente del revestimiento cartilaginoso de tal modo, que a nivel de la parte media de la cara lateral del cóndilo, la línea de inserción de la cápsula se encuentra a centímetro y medio de la superficie articular. Esta línea sigue la rampa capsular que bordea hacia arriba el canal latero- supracondíleo.

Más hacia atrás; la inserción de la cápsula se aproxima de nuevo al cartílago articular: pasa solamente algunos milímetros por encima de los cóndilos; después se dobla hacia delante en la escotadura intercondílea, y circunscribe, hasta la extremidad anterior de esta escotadura, las inserciones de los ligamentos cruzados con los cuales se confunde.

La inserción tibial se hace, por delante, en el borde anterior de la superficie rugosa preespinal. Pasa después a cada lado, a cuatro o cinco milímetros por debajo del cartílago glenoideo. Sin embargo, la inserción capsular desciende, a nivel de la articulación peroneo-tibial superior, hasta la vecindad inmediata de la articulación. Por detrás, en las partes



laterales sigue el revestimiento cartilaginoso de las cavidades glenoideas, y después, un asa de contorno sinuoso, que circunscribe las intercesiones tibiales de estos ligamentos.

La inserción rotuliana sigue exactamente el borde del cartílago de la superficie articular.

La cápsula articular es delgada y laxa en casi toda su extensión, excepto en la cara posterior de los cóndilos, que están cubiertos por un casquete fibroso resistente; estas porciones reciben el nombre de casquetes condíleos. Cada casquete condíleo está íntimamente unido al gemelo correspondiente, que toma en él algunas inserciones. Algunas veces la cápsula desaparece a este nivel, y el tendón de los gemelos esta directamente en relación con la sinovial de la articulación.

A los dos lados, la cápsula articular está unida a la cara externa o periférica de los fibrocartílagos semilunares. A nivel del tendón del poplíteo, la cápsula articular falta, y la sinovial comunica con la bolsa serosa a este tendón.

8.8.2.2. Ligamentos

Los ligamentos que refuerzan la capsula articular se dividen en ligamentos anteriores, lateral interno, lateral externo y posteriores. Con cada uno de estos ligamentos describiremos diferentes formaciones fibrosas o tendinosas y articulares que completan los medios de unión de la articulación.

Ligamento lateral interno. El ligamento lateral interno comprende dos porciones: una principal, extendida del fémur a la tibia, bajo la forma de una cintilla ancha y nacarada, muy resistente; otra, accesoria, situada detrás de la precedente y formada de haces que van del fémur y de la tibia al fibrocartílago articular interno.

La porción principal del ligamento lateral interno se inserta por arriba en la arista vertical que presenta el vértice de la tuberosidad del cóndilo interno y en una depresión que se encuentra inmediatamente por detrás de esta arista. Esta inserción está situada un poco por debajo del tubérculo del aproximado mayor y de la inserción del gemelo interno; está



recubierta en parte por la extremidad posterior de la aleta rotuliana interna. El ligamento se dirige hacia abajo y ligeramente hacia delante, ensanchándose. Se adhiere en su trayecto al fibrocartílagos semilunar, y después se inserta por algunas fibras profundas en la tuberosidad tibial, a lo largo de la línea de inserción capsular. Pero la mayor parte de las fibras ligamentosas descienden más abajo; cubren el tendón reflejo del semimembranoso y se insertan en la parte superior del borde interno de la tibia, así como en la zona contigua, rugosa de la cara interna de este hueso. Las fibras posteriores del ligamento se pierden por abajo, con las fibras superficiales del tendón directo del semimembranoso, en la aponeurosis del músculo poplíteo.

La porción accesoria del ligamento, más delgada que la porción principal y en continuidad con ella, está situada detrás de ella. Está compuesta de fibras oblicuas que van divergiendo desde las inserciones femorales y tibial de la porción principal de la cara periférica del fibrocartílagos interno donde terminan.

Algunas veces se desarrollan dos bolsas serosas, una entre el ligamento y el cóndilo y otra entre el ligamento y la tuberosidad interna de la tibia. Son debidas a los movimientos de flexión y de extensión de la pierna.

Ligamento lateral externo. Este ligamento tiene la forma de un cordón redondeado y grueso, extendido del cóndilo externo del fémur a la extremidad superior del peroné. Se inserta por arriba en la tuberosidad del cóndilo externo del fémur, encima de la fosita del poplíteo, y debajo de la del gemelo externo; es decir, en una impresión que presenta la eminencia ósea que separa por delante esta dos fositas. Desciende un poco oblicuamente hacia abajo y hacia atrás, y se inserta en la parte antero externa de la extremidad superior del peroné, por delante de la apófisis estiloides. El ligamento lateral externo es independiente en toda su longitud de la capsula articular subyacente. Su extremidad inferior está cubierta por el tendón del bíceps, del cual esta separado por una bolsa serosa.

8.8.3. Plano tendinoso

El plano capsular está cubierto por un plano tendinoso que se adhiere íntimamente a él, y que se extiende por toda la cara anterior de la rodilla.



Está constituido por el tendón o ligamento rotuliano; por las expansiones tendinosas del cuádriceps que nacen de los músculos vastos y terminan en las tuberosidades laterales de la tibia y en la rótula; y por la expansión pre-rotuliana del tensor de la fascia lata.

8.8.3.1. Tendón o ligamento rotuliano

El tendón rotuliano, también llamado tendón patelar, ligamento rotuliano o ligamento patelar, es la continuación del tendón del cuádriceps femoral por debajo de la rótula. Se inserta por un lado en la rótula y por otro en la tibia, concretamente en la tuberosidad tibial, por lo tanto tiene la particularidad de que une dos estructuras óseas. Es un cordón fibroso de unos 6 mm de espesor, 30 mm de ancho y 43 mm de largo. El tendón rotuliano junto con el tendón del cuádriceps participan en el movimiento de la rodilla y hacen posible la extensión de la pierna cuando se contrae el músculo cuádriceps.

El tendón rotuliano es una lámina tendinosa aplanada de adelante a atrás, ancha y muy gruesa, que representa la porción sub-rotuliana del tendón de inserción de los cuádriceps en la tibia. Se inserta por arriba en el vértice de la rótula y en la región continua de la cara anterior de este hueso; sin embargo, sus fibras superficiales no tienen ninguna inserción rotuliana y se continúan con las fibras tendinosas del cuádriceps.

Este ligamento se dirige oblicuamente hacia abajo y un poco hacia fuera, y se estrecha ligeramente de arriba abajo. Se inserta en la parte inferior, irregular y saliente de la tuberosidad anterior de la tibia.

Algunas fibras tendinosas arciformes, procedentes de la aponeurosis del tensor de la fascia lata, cruzan transversalmente su cara anterior y le imprimen una curvatura de concavidad anterior.

La cara posterior del tendón rotuliano corresponde por arriba al ligamento adiposo de la rodilla. Una bolsa serosa pre-tibial separa por debajo el tendón, de la porción superior de la tuberosidad anterior de la tibia a la articulación ligeros movimientos pasivos de lateralidad.



8.8.4. Mecanismo de la articulación de la rodilla

La articulación de la rodilla presenta: 1) movimientos de flexión y de extensión; 2) movimientos de rotación. Estos movimientos se efectúan alrededor de un eje transversal que pase por los cóndilos. La flexión aproxima la cara posterior de la pierna a la cara posterior del muslo; la extensión la aleja de ella. La amplitud del movimiento, de la extensión a la flexión extrema mide de 130 a 150°.

1) Los movimientos de flexión y extensión se acompañan de un movimiento de rotación de la tibia hacia dentro durante la flexión de la pierna y de un movimiento de rotación de la tibia hacia afuera durante la extensión. Estos movimientos de rotación de a tibia sobre el fémur son debidos a las diferencias de longitud y de corvadura de los dos cóndilos del fémur.

Los movimientos de flexión y de extensión se efectúan por la combinación de movimientos giratorios y de deslizamiento, que se produce simultáneamente. Pero el deslizamiento y la rotación se hacen en sentido inverso. De modo que cuando los cóndilos del fémur giran de adelante a atrás, al mismo tiempo se deslizan de atrás a adelante. En la



flexión, los cóndilos del fémur giran de adelante a atrás y deslizan de atrás a adelante; en la extensión se producen los movimientos inversos.

Los cóndilos del fémur, al girar, empujan delante de sí los meniscos, los cuales se dirigen hacia atrás, y sus extremidades posteriores se aproximan durante la flexión; durante la extensión se desplazan hacia adelante y se aproximan sus extremidades anteriores. El desplazamiento de los meniscos está determinado también, en el movimiento de extensión, por la acción de los ligamentos meniscos-rotulianos; la contracción del cuádriceps tira, en efecto, la rótula hacia arriba, la cual, al mismo tiempo, actúa por intermedio de los ligamentos menisco-rotulianos sobre los meniscos, que se dirigen hacia adelante.

2) Rotación: La articulación de la rodilla es objeto también de movimientos de rotación que se producen alrededor de un eje vertical que pasa por la espina de la tibia, en la articulación menisco-tibial.

Los movimientos de rotación son nulos en la extensión, a consecuencia de la tensión de los ligamentos cruzados y laterales, y presentan su amplitud máxima en la semiflexión. Están limitados por la tensión de los ligamentos cruzados y laterales.

Papel de los ligamentos: Los ligamentos cruzados, de los que algunos haces están siempre tensos, aseguran el contacto entre las superficies articulares. Los ligamentos cruzados y laterales limitan la extensión. Los ligamentos laterales se relajan en la flexión. Los ligamentos laterales limitan la rotación externa; los ligamentos cruzados frenan la rotación interna.

9. Materiales y Métodos

9.1 Población, muestra y unidad de análisis

La población se define como las jugadoras de fútbol amateur de 12-25 años, que pertenece al Complejo Educativo Escuela Cristiana Evangélica Argentina (E.C.E.A.)



Incorporada del Nivel Secundario N° 3150, de la ciudad de Rosario, Santa Fe, Argentina. A partir de esta población se obtuvo una muestra de 24 jugadoras amateurs de dicho rango etario que pertenecen a la mencionada escuela de fútbol desde hace un año y participan regularmente de torneos locales, zonales, regionales e intercolegiales y que realizan entrenamiento de fútbol dos veces por semana.

9.2 Variables consideradas

En cada participante se realizó un estudio ecográfico donde se evaluaron las siguientes variables dependientes (variable respuestas):

Variables cuantitativas:

- Grosor del tendón rotuliano (medida en mm)
- Engrosamiento articular sinovial (medida en mm)
- Grosor de los ligamentos laterales (medida en mm)

Variable cualitativa:

- Hidrartrosis: *Normal* (2 mm); *1° grado* (2-4 mm); *2° grado* (6 mm) o *3° grado* (más de 6 mm).
- Ecogenicidad del tendón rotuliano. Isoecoica N (normal): 0 o Hipoecoica: D (disminuido) 1.

9.3 - Diseño de trabajo

El estudio es de tipo longitudinal (ya que las jugadoras fueron observadas de manera repetida a lo largo de un periodo) y observacional (debido a que el investigador se limitó a observar y registrar los resultados sin intervenir).



9.4 - Metodología

La evaluación se llevó a cabo los días viernes 24 y sábado 25 de abril de 2015 para la actividad a desarrollarse en césped natural en las instalaciones del Campo deportivo del complejo ECEA Rosario, ubicado en la ruta 9 entre las calles Carcarañá y San Jerónimo de la localidad de Roldan, Santa Fe, Argentina y los días viernes 1 y sábado 2 de mayo de 2015, para la actividad en césped sintético en el complejo “La Previa”, de Av. Francia 750, Rosario, Santa Fe, Argentina.

Los padres o tutores de cada jugadora participaron de las actividades que se llevarán a cabo, a los mismos se le pidió el consentimiento informado por escrito, dándoles a conocer, asimismo, que las alumnas podrían abandonar el estudio en cualquier momento.

En la evaluación previa a la carga de trabajo (partido), se realizó la ecografía de ambas rodillas de todas las participantes, como también en forma inmediata a la finalización del partido, para medir las diferentes variables, observando su comportamiento.

Las participantes fueron concentradas por la mañana el día de la competencia para realizar la ecografía basal articular de las rodillas. Esta evaluación basal a la carga de trabajo (partido) se realizó a fin de corroborar la ausencia de afectación articular previa y como punto de comparación con las evaluaciones posteriores. El partido se desarrolló por la tarde del mismo día, realizándose otro control ecográfico inmediatamente al finalizar el mismo. Se destaca que el día anterior a la competencia las jugadoras no realizaron actividad física. Se llevó un control de la alimentación los días previos a la competencia, como así también la hidratación durante la competencia. Se considero los requerimientos calóricos, a cargo de una Licenciada en Nutrición, que posee un postgrado en Nutrición Deportiva, quien se encargó de la distribución de alimentos de los días de entrenamiento, partido y días sin actividad deportiva. A todas las jugadoras se les realizó además una evaluación física y cardiovascular.

Evaluación en césped natural

- **Día 1:** Por la mañana, se evaluaron ecográficamente las rodillas a todo el grupo participante para observar cómo se encontraron las estructuras anatómicas de la



articulación de la rodilla. El partido de fútbol (dos tiempos de treinta minutos con diez minutos de descanso) se jugó por la tarde, en el Complejo deportivo ubicado en ruta 9 entre las calles Carcarañá y San Jerónimo. Se dividieron en pequeños subgrupos de seis jugadoras, para que sean los tiempos de la toma de la muestra similares. Finalizado el partido inmediatamente se repitió la evaluación ecográfica articular. Según protocolo de evaluación se cumplieron las medidas de hidratación, alimentación y descanso, previas, durante y posteriores a la actividad deportiva.

Evaluación en césped sintético

- **Día 2:** Se evaluaron por la mañana las rodillas ecográficamente a todo el grupo participante para observar cómo se encontraron las estructuras anatómicas de la articulación de la rodilla. El partido de fútbol (dos tiempos de treinta minutos con diez minutos de descanso) se jugó por la tarde en el Complejo La Previa ubicado en la Av. Francia 750 de la ciudad de Rosario. Se dividieron en pequeños subgrupos de seis jugadoras, para que sean los tiempos de la toma de la muestra similares. Finalizado el partido inmediatamente se repitió la evaluación ecográfica articular. Según protocolo de evaluación se cumplieron las medidas de hidratación, alimentación y descanso, previas, durante y posteriores a la actividad deportiva.

Días de evaluaciones en los distintos tipos de suelo.

DIA	LUN	MART	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM
SEMANA 1	Entren	Desc	Entren	Desc	Prueba C.Natural		Desc
SEMANA 2	Entren	Desc	Entren	Desc	Prueba C.Sintético	Desc	Desc



Los datos obtenidos fueron volcados en la siguiente planilla: una fue diseñada para el césped sintético y otra para el césped natural

CESPED SINTETICO																				
	Tendon Rotuliano				Hidroartrosis				Ecogenicidad TR				M Sinovial				Lig Laterales			
	Mom I		Mom II		Mom I		Mom II		Mom I		Mom II		Mom I		Mom II		Mom I		Mom II	
Id	Hab	Inh	Hab	Inh	Hab	Inh	Hab	Inh	Hab	Inh	Hab	Inh	Hab	Inh	Hab	Inh	Hab	Inh	Hab	Inh
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22																				
23																				
24																				

9.5 Criterios de inclusión

- 1- Sin antecedentes patológicos de jerarquía.
- 2- Asistir a ambas pruebas.
- 3- Que no hayan jugado 48 horas antes de la prueba.
- 4- Completar el tiempo total de la muestra.



9.6 Instrumentación y técnicas

El equipo utilizado para su evaluación fueron dos ecógrafos Toshiba Xario con traductor lineal 7,5 Mhz de máximo rendimiento que permite la visualización clara de tejidos y estructuras vasculares de manera más acertada, facilitado por la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Nacional de Rosario.

Los ecógrafos de marca Toshiba Xario, realizará cortes longitudinales (CL), transversales (CT) y oblicuos (CO).

El estudio se inició en el plano anterior, con un corte longitudinal cráneo-caudal que se extiende por la línea media de la rodilla desde la región suprapatelar hasta la tuberosidad anterior de la tibia. En este corte se observa la convergencia de los haces musculares del cuádriceps femoral que forman el tendón de este músculo, hasta su inserción en la porción superior de la rótula. Su diámetro aproximado oscila entre 5 y 10 mm, se debe evaluar el grosor la continuidad y la ecogenicidad del tendón.

Por detrás del tendón del cuádriceps se evaluará la bursasuprapatelar (BSP) o fondo de saco subcuadricipital. Con el transductor en posición longitudinal se rastrea toda la superficie cortical de la rótula, que produce una con sombra acústica y en cuyo polo inferior se origina el tendón patelar, que tiene un grosor uniforme en toda su longitud, con valores promedio entre 3 y 5 mm.

El estudio se continuó con la exploración del espacio articular, para lo que se realizaron CL y CT parapatelares que pueden ser evaluados al emplearse maniobras de stress (en valgus, para el menisco medial y en varum para el menisco lateral) lo que facilita la visualización del cuerno anterior y segmento medio de ambos meniscos. El ligamento colateral medial aparece adosado longitudinalmente, y forma parte de un conjunto de estructuras que ecográficamente adoptan un aspecto preliminar que se ha designado como complejo cápsulo-ligamentoso mientras que el ligamento colateral lateral es totalmente independiente. Se visualizan completamente desde su origen en el epicóndilo femoral lateral hasta su inserción en el peroné.



9.7 Análisis estadístico

Los datos se volcaron en una planilla diseñada para tal fin para el posterior análisis estadístico. Los valores obtenidos inmediatamente luego de la competencia tanto para el desarrollo en césped sintético como en césped natural se compararon con los valores basales de cada participante a fin de evaluar la posible afectación articular a nivel de la rodilla.

Para verificar si existían diferencias significativas en cuanto a la afectación aguda posterior a una carga de trabajo (partido) se aplicó: para la variable cuantitativa grosor del tendón rotuliano (GTR) el Test t-Student de medias para muestras apareadas que permite comparar los resultados obtenidos antes y después del partido. Esto se aplicó para la pierna hábil e inhábil y para los dos tipos de césped (sintético y natural). Para las variables cualitativas hidrartrosis (HID) y engrosamiento articular sinovial (ETR) se utilizó el Test de Wilcoxon (para muestras apareadas) y el Test de los signos para analizar si existían diferencias significativas antes y después del partido en los distintos tipos de césped y en las dos piernas. Estos tests no paramétricos se utilizaron debido a que las variables utilizadas no tienen distribución normal.

Luego, en las variables que se encontraron diferencias antes y después del partido, se evaluó si dichas diferencias fueron iguales en los dos tipos de césped. Para ello se aplicó: en la variable cuantitativa, el Test t de medias de diferencias apareadas y para las variables cualitativas, el Test de Wilcoxon para muestras apareadas y el Test de los signos.

Todas las conclusiones se obtuvieron a partir de un 95% de confianza. Es decir, se consideraron estadísticamente significativas las pruebas de hipótesis con valores de probabilidad asociados inferiores a 0.05 ($p < 0.05$).



10. Resultados obtenidos

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a partir de las variables medidas en las 24 jugadoras analizadas.

En primer lugar se analizó el grosor del tendón rotuliano antes y después del partido para ambas piernas (hábil e inhábil), tanto en el césped sintético como en el césped natural. En la *tabla 1* se muestran la probabilidad asociada para cada par de comparación de medias que se obtuvieron al aplicar el test T- Student para muestras apareadas. Al comparar las mediciones del grosor medio del tendón rotuliano, antes y después de jugar el partido de fútbol, se observan diferencias significativas en ambas piernas y esto ocurre tanto en el césped sintético como en el césped natural (todas las probabilidades asociadas resultaron ser menor a 0.05).

Además, a partir de la *tabla 1* se observa que en las dos piernas y en los dos tipos de césped, el grosor medio del tendón rotuliano aumenta después del partido.

Tabla 1.- Medidas resumen del grosor del tendón rotuliano en las distintas mediciones y resultados del test.

Césped	Pierna	Momento	Grosor medio (mm)	Desvío (mm)	P
Sintético (n=24)	Hábil	Antes	2.93	0.20	0.008
		Después	3.04	0.19	
	Inhábil	Antes	2.98	0.23	0.009
		Después	3.07	0.22	
Natural (n=24)	Hábil	Antes	3.04	0.22	0.027
		Después	3.10	0.18	
	Inhábil	Antes	3.07	0.21	0.015
		Después	3.13	0.17	



Gráfico 1.- Grosor del tendón rotuliano en los diferentes momentos del césped sintético

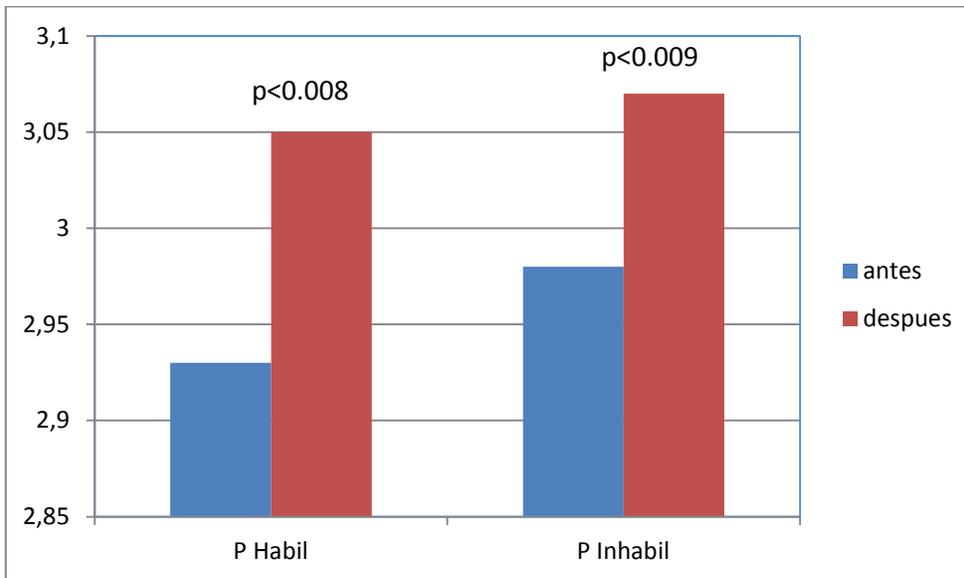
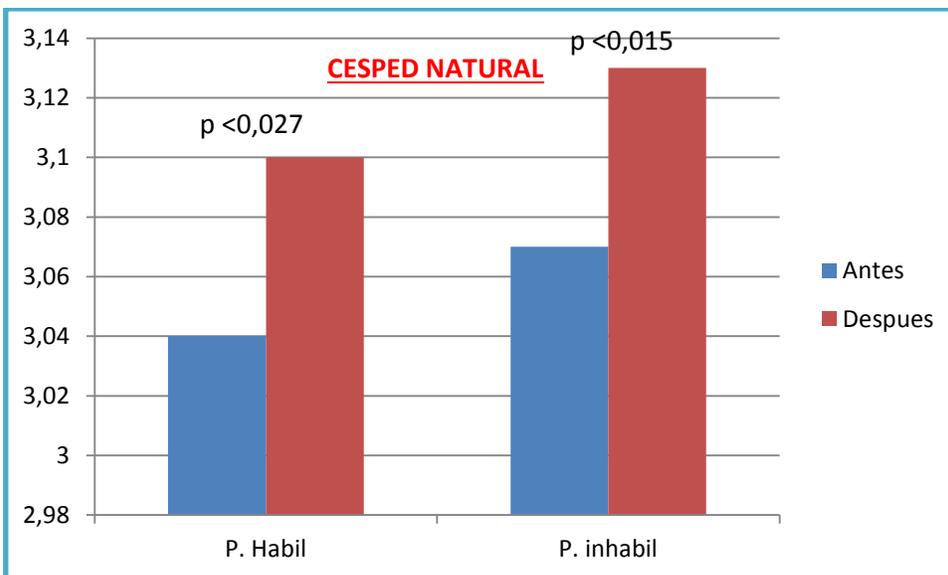


Gráfico 2.- Grosor del tendón rotuliano en los diferentes momentos del césped natural.



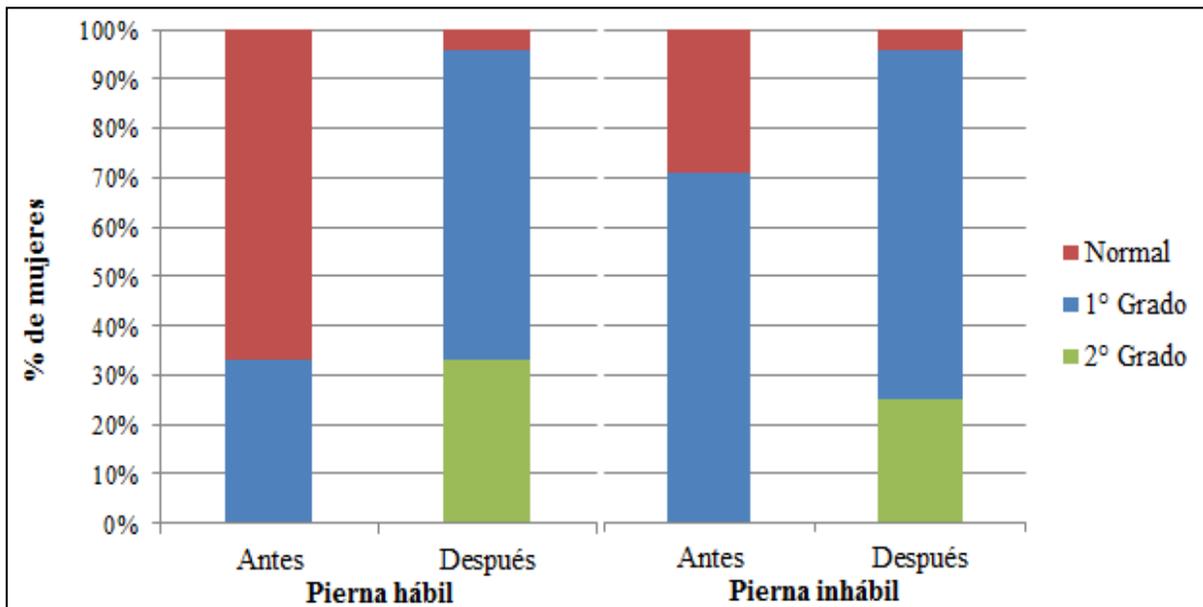
A continuación se analizó si las diferencias observadas en el tendón rotuliano de ambas rodillas de las jugadoras es la misma para el césped sintético que para el césped natural. A partir del test T-Student para muestras apareadas se obtuvo que las diferencias



encontradas en el grosor del tendón rotuliano en la pierna hábil son iguales en los dos tipos de césped ($p=0.257$). Este mismo resultado se obtuvo para la pierna inhábil ($p=0.491$).

Luego se analizó la hidrartrosis en las 24 jugadoras. A partir del *gráfico 1*, se observa el cambio del grado de hidrartrosis en las jugadoras en el césped sintético. Puede observarse que ninguna jugadora tuvo hidrartrosis de 3° grado. Se observa, además, que ninguna presentó hidrartrosis de 2° grado antes del partido, pero luego hubo aproximadamente un 30% de jugadoras que sí tuvieron hidrartrosis de 2° grado en la pierna hábil y un 22% en la pierna inhábil después de haber jugado el partido de fútbol en el césped sintético. Por otro lado puede notarse que hay un alto porcentaje de jugadoras con niveles normales del líquido sinovial intraarticular antes del partido en la pierna hábil, pero este porcentaje disminuye considerablemente después del partido de fútbol. Observándose además que en la pierna hábil el porcentaje de jugadoras con hidrartrosis es mayor.

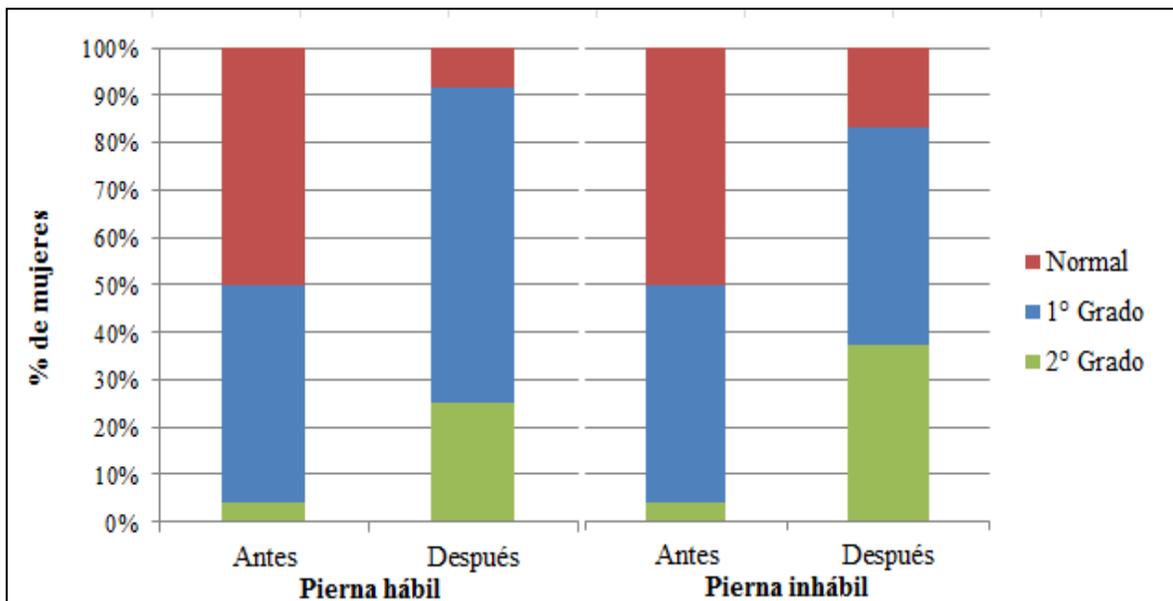
Gráfico 3.- Distribución porcentual de las jugadoras según el momento, la pierna de análisis y los niveles de hidrartrosis, en el césped sintético





Luego en el *gráfico 2*, se observan los resultados del grado de hidrartrosis en el césped natural. En este caso tampoco se observa hidrartrosis de 3° grado, pero si se observa que antes del partido hay una jugadora que tiene hidrartrosis de 2° grado en ambas piernas antes de que se juegue el partido. En dicho gráfico puede observarse que el porcentaje de mujeres con líquido sinovial intraarticular normal, disminuye luego de que se juegue el partido.

Gráfico 4.- Distribución porcentual de las jugadoras según el momento, la pierna de análisis y los niveles de hidrartrosis, en el césped natural



Estos resultados parecerían indicar que el partido de futbol influye en el líquido sinovial de la articulación. Para analizar si esto es estadísticamente significativo se aplicó el test de Test de Wilcoxon para muestras apareadas. En la *tabla 2* se observa que hay un aumento significativo en el grado de hidrartrosis en ambas piernas y en los dos tipos de césped después de que las mujeres analizadas jueguen el partido de futbol ($p < 0.05$).



Tabla 2.- Resultados del test para la variable hidrartrosis

Césped	Pierna	Momento	P
Sintético	Hábil	Antes	<0.0001
		Después	
	Inhábil	Antes	<0.0001
		Después	
Natural	Hábil	Antes	<0.0001
		Después	
	Inhábil	Antes	<0.0001
		Después	

Fue de interés evaluar si la desmejora es igual en ambos tipos de césped. Para ellos se planteó la prueba de Wilcoxon para muestras apareadas y el Test de los signos, se obtuvo que para la pierna hábil existen diferencias significativas entre los tipos de césped en cuanto a la desmejora de la hidrartrosis ($p=0.0362$). Se obtuvo que el césped sintético generó mayores desmejoras en esta variable que el césped natural. Sin embargo para en cuanto a la pierna inhábil no existe evidencia para concluir que hay diferencias significativas entre los dos tipos de césped ($p>0.9999$).

Por último, se analizó la ecogenicidad del tendón rotuliano de este grupo de 24 jugadoras analizadas. A partir de los *gráficos 3 y 4* puede observarse un comportamiento similar en los dos tipos de césped. Antes de los partidos todas las jugadoras presentaron ecogenicidad normal. Luego del partido jugado sobre césped sintético, se observa que aproximadamente el 30% de las jugadoras presentaron ecogenicidad hipoecoica, y esto ocurre para las dos piernas. Por otro lado, luego de jugar el partido sobre césped natural se observa que aproximadamente el 20% de las jugadoras presentan ecogenicidad hipoecoica.



Gráfico 5.- Distribución porcentual de las jugadoras según el momento, la pierna de análisis y la ecogenicidad del tendón rotuliano, en el césped sintético

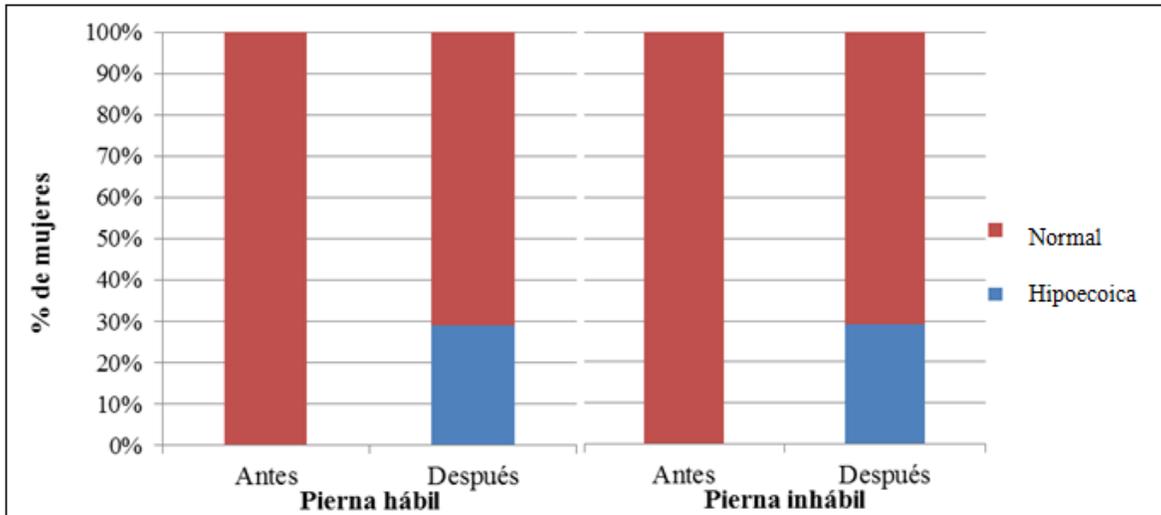
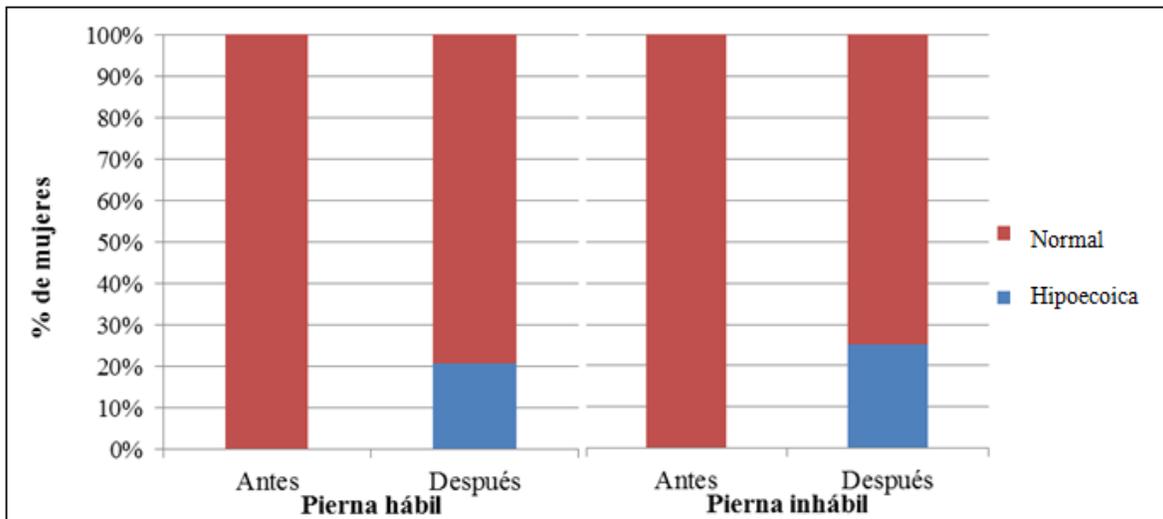


Gráfico 6.- Distribución porcentual de las jugadoras según el momento, la pierna de análisis y la ecogenicidad del tendón rotuliano, en el césped natural



En base al análisis descriptivo, pareciera que el partido influye en la ecogenicidad del tendón rotuliano. Para evaluar si las diferencias fueron estadísticamente significativas se aplicó el Test de Wilcoxon y el Test de los signos, obteniéndose que en césped sintético existen diferencias significativas en la ecogenicidad del tendón rotuliano antes y después



del partido tanto en la pierna hábil ($p=0.0376$) como en la pierna inhábil ($p=0.0376$) dado que las probabilidades asociadas resultaron ser menores a 0.05. Sin embargo, en césped natural no se observan diferencias significativas en la ecogenicidad del tendón rotuliano luego de jugar el partido, esto ocurre tanto para la pierna hábil ($p=0.0892$) como para la pierna inhábil ($p=0.0596$)

Por lo tanto, los resultados arrojan que el césped sintético generó desmejoras, mientras que el césped natural no produjo desmejoras.

Tabla 3.- Resultados del test para la variable ecogenicidad del tendón rotuliano

Césped	Pierna	Momento	Probabilidad asociada
Sintético	Hábil	Antes	0.0376
		Después	
	Inhábil	Antes	0.0376
		Después	
Natural	Hábil	Antes	0.0892
		Después	
	Inhábil	Antes	0.0596
		Después	



11. Discusión

En base al objetivo planteado para identificar si existe alteración aguda de las estructuras de la rodilla luego de un solo estímulo (partido) y qué tipo de superficie, sobre la cual se trabaja, afecta más esta articulación, evaluando la posible afectación post competencia de fútbol femenino sobre césped sintético y natural; se indagaron otras investigaciones relacionadas con dicho objetivo para poder comparar los resultados obtenidos con el presente trabajo.

A diferencia de la presente investigación donde se encontraron cambios significativos en la ecogenicidad de los tendones, el estudio de Terslev L, et al²⁴ donde se realizó una investigación buscando signos inflamatorios en las rodillas antes y después de un partido de basquetbol a través de ecografías y Power Doppler, concluyó que no se encontraron cambios significativos en las áreas hipocóicas; sin embargo hubo un incremento en el fluido en el tendón suprapatelar, aunque las conclusiones de este estudio fueron hechas con 7 jugadores. Este trabajo confirma, además, la asociación entre la escala de grises y el flujo de sangre entre las estructuras investigadas, siendo el aumento del flujo de sangre un signo de inflamación sinovial. Dichas zonas son hipocóicas ecográficamente, habiéndose observado áreas hipocóicas tanto en jugadores sintomáticos como asintomáticos. En la presente investigación se obtuvo un número importante de jugadoras asintomáticas que presentaron alteraciones articulares ecográficas significativas.

Afianzando lo antes mencionado, Koenig et al²⁵ han demostrado los cambios inflamatorios que se producen en los tendones de las rodillas comparando antes y después de los partidos, con evaluación ecográfica, en jugadores de bádminton. De 72 jugadores, 62 tuvieron alteraciones en 86 tendones de los miembros inferiores, 48 de los cuales correspondían al tendón anterior de la rodilla (tendón rotuliano). Concluyeron que el dolor en la región anterior de la rodilla de muchos jugadores de elite de bádminton se debía al compromiso del tendón rotuliano. El examen ecográfico antes y después de los partidos demostró los cambios inflamatorios.



En el estudio llevado a cabo por Fredbarg U, et al²⁶ donde se analizaron 54 jugadores de futbol, se define que el partido puede también afectar las vainas de los tendones y ligamentos produciendo inflamación (tendinitis), en donde el edema del tendón produce un engrosamiento del mismo con disminución de la ecogenicidad (hipoecoico). En las jugadoras evaluadas en el presente trabajo también se encontró engrosamiento del ligamento rotuliano con disminución de la ecogenicidad, no así en los ligamentos laterales.

En cuanto al método diagnóstico utilizado en la presente investigación se demostró que la ecografía es un método confiable y efectivo para detectar alteraciones en la articulación de la rodilla. Esto mismo se concluye en el estudio de Anillo Badía R, et al.²⁷ en el cual se realizó un estudio descriptivo en 100 deportistas asintomáticas. En el mismo, se utilizó una metodología de exploración que incluyó exámenes ecográficos y estudios dinámicos de acuerdo con la especialidad deportiva para determinar patrones de normalidad y detectar alteraciones de las estructuras de la articulación. Se detectaron 57 alteraciones subclínicas en las rodillas de los 100 deportistas. El diagnóstico ecográfico preventivo demostró ser un método imagenológico efectivo en el control biomédico del entrenamiento de los deportistas.

Esto también fue demostrado en el estudio de Draghi F. et al.²⁸ a partir del diagnóstico de la enfermedad articular de rodilla (“Overload Syndromes”) en adolescentes. En el mismo se concluye que la ecografía juega un rol importante y seguro en el diagnóstico de las alteraciones de la articulación de la rodilla y puede evaluar su evolución. Por lo tanto, puede ser considerada como una primera técnica diagnóstica en el síndrome por sobreuso funcional de la rodilla. Además, la investigación llevada a cabo por Fredberg U, et al.²⁹ a partir de evaluaciones ecográficas de jugadores donde se detectaron alteraciones en los tendones en los pacientes asintomáticos, demuestra que la ecografía es un método complementario relevante para diagnosticar cambios asintomáticos en las estructuras de la rodilla.

Concomitantemente con los trabajos antes mencionados, en esta investigación se eligió la ecografía como método diagnóstico de evaluación de las afectaciones agudas post



estimulo, ya que es un método efectivo, seguro y práctico para detectar alteraciones en la articulación de la rodilla.

No se encontraron investigaciones realizadas que comparen ambas piernas, por tal motivo se considera que esta investigación es innovadora en este aspecto. En lo observado en este trabajo se demostró que tanto en la pierna hábil como en la pierna inhábil se observaron signos inflamatorios post partido, tanto en césped natural como en césped sintético.

Steffen K, et al³⁰ investigaron el riesgo de lesiones en césped artificial en comparación con el césped natural en jugadoras de fútbol femenino; 2020 sujetos de 109 equipos participaron en el estudio durante la temporada de fútbol 2005. En los partidos, la incidencia de lesiones graves fue significativamente mayor en el césped artificial en relación con el natural, aunque el riesgo de lesión fue equivalente en ambos tipos de césped. Similares resultados arrojó el presente trabajo donde se concluye que el césped sintético genera mayor daño en el grado de hidrartrosis y ecogenicidad que el césped natural, después de un solo estímulo (partido).



12. Conclusión

Los resultados hallados permiten concluir que el grosor del tendón rotuliano y el grado de hidrartrosis varían significativamente antes y después de que las jugadoras tengan una carga de trabajo, en este caso un partido de fútbol. Esta conclusión se obtuvo tanto para la pierna hábil como para la inhábil y en los dos tipos de césped. Respecto a la ecogenicidad del tendón rotuliano se puede concluir que existen diferencias significativas antes y después del partido de fútbol en el césped sintético.

Con respecto al engrosamiento de la membrana sinovial y al grosor de los ligamentos laterales, no se observaron alteraciones a través de la ecografía. Por tal motivo, se propone un futuro análisis de estas variables a través de otros métodos diagnósticos.

En base a estos resultados se concluye que se cumple la primer parte de la hipótesis planteada al afirmar que las estructuras de la rodilla presentan alteraciones agudas posteriores a una carga de trabajo (partido).

Al analizar si el desmejoramiento es más severo después de una competencia deportiva de fútbol realizada sobre césped sintético que la llevada a cabo sobre césped natural, se obtuvo que el cambio en la ecogenicidad del tendón rotuliano en ambas piernas y el grado de hidrartrosis en la pierna hábil, avalan esta parte de la hipótesis, dado que el césped sintético generaría mayor daño en el grado de hidartrosis y ecogenicidad que el césped natural.

Concluyendo con el tema, se determina la importancia que tienen los microtraumatismos a repetición en la rodilla en los dos tipos de suelo estudiados, teniendo en cuenta que el césped sintético produce mayor alteración articular que el césped natural después del partido.



13. Reconocimientos y agradecimientos

Dedico de manera especial a mis padres Nico y Nora, ellos fueron el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentando en mí las bases de la responsabilidad y deseos de superación, en ellos tengo el espejo en el cual me quiero reflejar, sus virtudes infinitas y su gran corazón me llevan a admirarlos cada día más. El amor recibido y la dedicación con la que cada día se preocupaban por mi avance y mi desarrollo profesional es simplemente único y se refleja en la vida de un hijo. Gracias a mis padres por darme todo cuando no había nada, gracias por todo su esfuerzo para poder brindarme una formación académica, siempre firmes posibilitando e incentivando, desde un principio, a este crecimiento profesional y personal.

A mi hermana Patricia, a Nadia y su familia por acompañarme en todos mis proyectos y por anhelar siempre lo mejor para mi vida.

Gracias a Dios porque cada día bendice mi vida con la hermosa oportunidad de disfrutar de las cosas que hago en mi profesión y en mi vida personal, pudiendo así también disfrutar de las personas que amo.

Mis agradecimientos van también a mi asesor de Tesis, Dr. Marcelo Abdala. Sus conocimientos, su profesionalismo, su persistencia y su motivación han sido fundamentales para mi formación y para la elaboración de este trabajo. Ha sido capaz de ganarse mi lealtad y admiración. Mi respeto más profundo a su trayectoria

Agradezco al Dr Juan Carlos Mazza por inculcar el sentido de responsabilidad y rigor académico, sin los cuales no podríamos tener una formación completa como profesionales. También por incentivar el crecimiento de cada uno de nosotros aportando su experiencia, conocimiento y toda su trayectoria.

A Patricia Cosolito y Laura Nocciolino por su paciencia y dedicación para la confección de este trabajo. También al cuerpo docente de la Licenciatura en educación física, por transmitir sus conocimientos con tanta pasión.



A todas mis alumnas de la escuela de futbol ECEA por formar parte de este trabajo y a mis amigas por colaborar en la prueba. Agradezco su tiempo, su predisposición y el compañerismo, ello permitió que este trabajo de campo fuese un momento de alegría y disfrute.



ANEXOS



Hidratación

Antes de la actividad

Ingerir 2000 ml una a dos horas antes del entrenamiento, evitando las bebidas diuréticas (bebidas alcohólicas, café)

Durante el entrenamiento

Se utilizan bebidas deportivas con carbohidratos al 6 – 8 % (Gatorade)

Temperatura de la bebida 8 a 10 °C

Ingerir en cada interrupción del juego aun si no se está sediento, hasta completar 800 cc y sin esperar hasta sentir sed para comenzar a beber

Después de la actividad

Beber 500 cc al finalizar la actividad

Luego ingerir 50 cc cada 15 min durante una hora posterior al entrenamiento.

Utilizando bebidas deportivas con carbohidratos al 6 – 8 % y electrolitos



Consentimiento informado

Protocolo:

Evaluación del nivel de afectación articular de la rodilla en el desarrollo de competencia de fútbol femenino sobre césped sintético y natural. Utilización de ecografía articular.

Fecha...../...../.....

Yo.....
....., con documento de
identidad número

Certifico que he sido informada con la claridad y veracidad debida respecto al ejercicio académico que me ha invitado a participar, que actuó consecuentemente, libre y voluntariamente como colaboradora, contribuyendo a este procedimiento de activa. Soy conocedora de la autonomía suficiente que poseo para reiterarme u oponerme al ejercicio académico, cuando lo estime conveniente y sin necesidad de justificación alguna, que no me harán devolución escrita.

Que se respetará la buena fe, la confiabilidad e intimidad de la información por mí suministrada, lo mismo que mi seguridad física.

PARTICIPANTE.....
.....

Documento de identidad

PERSONA RESPONSABLE

Documento de identidad



Planificación nutricionalÍNDICE METABÓLICO EN REPOSO DEPORTISTAS

(IMR): Mujeres deportistas entre 12-25 años. $(\text{PESO CORPORAL KG.} \times 12,2) + 746$.

Utilizando como promedio 55 kg., el IMR es de 1417 kcal. Multiplicado por un factor de 1,4, el cálculo de gasto de energía es de 1938.8 kcal (para los días que no realizan deporte). Pudiendo variar desde 1813 kcal en las niñas con peso = 45 kg. Hasta 2154.6 kcal. En las niñas peso = 65 kg.

CÁLCULO GASTO ENERGÉTICO DÍAS DE ENTRENAMIENTO Y PARTIDO: $7.08 \times \text{KG} \times \text{HORA} = 584.1 \text{ Kcal}$. $1983.8 + 584.1 = 2567.9 \text{ KCAL}$. (Se utilizará 2500 como promedio)

FORMULA SINTÉTICA

2500 KCAL	%	KCAL	GRAMOS
PROTEINAS	15	375	93.75
HC	60	1500	375
GRASAS	25	625	69.4

FORMULA DESARROLLADA: Días de entrenamiento y partido:

ALIMENTO	CANTIDAD	HC	PROT	GR
Leche descr.	200	10	6	3
Yogur descr.	200	10	6	3
Queso promedio	30		6,6	7,2
Huevo	25		3	3
Carne	150		30	7,5
Veg A	100	5	0,5	
Veg B	100	10	1	
Veg C	200	40	4	
Frutas A	160	16	0,8	
Frutas B	400	80	4	
Cereales	80	56	9,6	
Pan	120	72	12	2,4
Aceite	45			45
Mermelada BC light	20	6,6		
Postrecito Ser	110	19,8	4,62	0
Zucaritas	30	26	1,2	0,6
Cereales integrales	30	22,2	2,67	0,69
TOTAL GR.	1970	373,6	91,99	72,39

TOTAL KCAL	2513,87	1494,4	367,96	651,51
-------------------	----------------	---------------	---------------	---------------



Cociente gr/cal 0,7836523

DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS DÍAS DE ENTRENAMIENTO Y PARTIDO:

LUNES-MIÉRCOLES-SÁBADO

DESAYUNO:

- 1 taza de leche semidescremada, sola o con infusión (Café, te, mate cocido). O un yogur descremado, firme o bebible.
- Un felipe de pan integral o tostadas integrales con queso y mermelada.
- $\frac{3}{4}$ taza cereales integrales tipo Nestle Fitness. (En caso de no ser posible, reemplazar por turrón o fruta)

Colación post entrenamiento (en el vestuario):

- 1 postrecito tipo Danet o Ser.
- $\frac{3}{4}$ taza de Zucaritas.
- O una banana.
- Bebida deportiva o agua.

ALMUERZO:

- Entrada: 1 tomate relleno o una porción de tarta de verdura.
- Fideos con salsa light (cebolla no fritada)
- Postre: una fruta

MERIENDA:

- Un vaso de yogurt/ leche parcialmente descremada sola o con infusión.
- Un felipe de pan, con queso y mermelada.



- O un Sandwich de queso y tomate.

COLACION:

- Licuado de banana con leche semidescremada y azúcar.

CENA:

- Pastel de papa y ensalada.
- Postre: una fruta/ ensalada de frutas.

El día de partido, se puede comer una banana 30 minutos antes de la competencia.

- Incorporar una botellita de agua de 500 ml. En los 30 minutos previos a la actividad.

Es conveniente probar en la semana la tolerancia de cada una de las chicas y no incorporar algún alimento o colación nueva el día del partido.

Los días que no realizan entrenamiento y partido, se utilizarán 1900 kcal.

FORMULA SINTÉTICA

1900 KCAL	%	KCAL	GRAMOS
PROTEINAS	15	375	93.75
HC	60	1500	375
GRASAS	25	625	69.4

**FORMULA DESARROLLADA**

ALIMENTO	CANTIDAD	HC	PROT	GR
Leche descr.	400	20	12	6
Yogur descr.	200	10	6	3
Queso promedio	20		4,4	4,8
Huevo	25		3	3
Carne	100		20	5
Veg A	200	10	1	
Veg B	200	20	2	
Veg C	100	20	2	
Frutas A	400	40	2	
Frutas B	200	40	2	
Cereales	60	42	7,2	
Pan	120	72	12	2,4
Aceite	30			30
Mermelada BC light	20	6,6		
Postrecito Ser		0	0	0
Zucaritas		0	0	0
Cereales int.	0	0	0	0
TOTAL GR.	2075	280,6	73,6	54,2

TOTAL KCAL	1904,6	1122,4	294,4	487,8
-------------------	---------------	---------------	--------------	--------------

Cociente gr/cal 1,0894676

DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS DIAS DE NO ACTIVIDAD:**MARTES-JUEVES-VIERNES-DOMINGO****DESAYUNO Y MERIENDA:**Opción 1:

- Yogur descremado con cereales

Opción 2:

- Una taza de yogur bebible o un pote de yogur firme + tostadas integrales untadas con queso untable light o con mermelada light.



Opción 3:

- Infusión (café, te, mate cocido) con taza llena de leche parcialmente descremada + tostadas integrales, untadas con queso untable light o con mermelada o miel. (Las tostadas se pueden reemplazar por pan común o integral o por un tostado con un Felipe de pan integral, una porción de queso y una rodaja de tomate.

Opción 4:

- Un licuado con leche parcialmente descremada y fruta. (Se pueden agregar frutas secas picadas como nueces o almendras)

Opciones de COLACIONES:

- Una fruta
- Una taza de ensalada de frutas
- Un turrón
- Una barrita de cereal

ALMUERZO:

- Carnes rojas magras (Bola de lomo, cuadrada, cuadril, lomo, nalga, paleta, peceto, carne picada especial)/ Pollo/ Pescado (No fritas).
- Acompañar con ensalada o verduras cocidas: Vegetales A: Acelga, achicoria, apio, berenjena, brócoli, espárrago, espinaca, lechuga, pepino, pimiento, rabanito, radicheta, repollo, repollito de bruselas, tomate, zapallito, Vegetales B: Alcaucil, arvejas frescas, brotes de soja, calabaza, chauchas, palmitos, puerro, remolacha, zanahoria, zapallo, Vegetales C: batata, choclo, papa



- Postre: una fruta/ Queso y dulce.

Ejemplo: Pollo grillé (Cocinar la pechuga o pata y muslo sin piel, a la parrilla y rociarlo con jugo de limón y orégano) con ensalada de tomates y una papa chica en cubos. / Filet de merluza sobre colchón de cebolla de verdeo y morrón con ensalada de chauchas y choclo/ Hamburguesas caseras o albóndigas de carne picada especial con ensalada.

CENA:

- Arroz o fideos combinados con verduras. O pastas rellenas de verduras o ñoquis.
- Postre: una fruta/ ensalada de frutas.

Ejemplo: Ensalada de fideos moñitos con tomatitos cherrys, choclo y rúcula/ Fideos o arroz integral con cubos de calabaza/ Pastas + ensalada.



Estadística Completa

Variable: Grosor del tendón rotuliano- Test T de medias de diferencias apareadas

Césped sintético

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	<i>CS GTR HABI</i>	<i>CS GTR HAB2</i>
Media	2,933333333	3,0375
Varianza	0,20057971	0,198967391
Observaciones	24	24
Coefficiente de correlación de Pearson	0,922791463	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	23	
Estadístico t	-2,905337587	
P(T<=t) una cola	0,003986109	
Valor crítico de t (una cola)	1,713871528	
P(T<=t) dos colas	0,007972217	
Valor crítico de t (dos colas)	2,06865761	

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	<i>CS GTR INH1</i>	<i>CS GTR INH2</i>
Media	2,979166667	3,070833333
Varianza	0,232155797	0,224764493
Observaciones	24	24
Coefficiente de correlación de Pearson	0,945092339	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	23	
Estadístico t	-2,83199098	
P(T<=t) una cola	0,004724024	
Valor crítico de t (una cola)	1,713871528	
P(T<=t) dos colas	0,009448048	
Valor crítico de t (dos colas)	2,06865761	



Césped natural

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	<i>CN GTR HABI</i>	<i>CN GTR HAB2</i>
Media	3,041666667	3,1
Varianza	0,212971014	0,175652174
Observaciones	24	24
Coefficiente de correlación de Pearson	0,966615167	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	23	
Estadístico t	-2,356209697	
P(T<=t) una cola	0,013678293	
Valor crítico de t (una cola)	1,713871528	
P(T<=t) dos colas	0,027356585	
Valor crítico de t (dos colas)	2,06865761	

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	<i>CN GTR INH1</i>	<i>CN GTR INH2</i>
Media	3,066666667	3,133333333
Varianza	0,212753623	0,168405797
Observaciones	24	24
Coefficiente de correlación de Pearson	0,966258357	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	23	
Estadístico t	-2,635032491	
P(T<=t) una cola	0,007399728	
Valor crítico de t (una cola)	1,713871528	
P(T<=t) dos colas	0,014799456	
Valor crítico de t (dos colas)	2,06865761	

Para saber si la desmejorías es igual en ambos tipos de césped:

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	<i>CS GTR HABd</i>	<i>CN GTR HABd</i>
Media	0,104166667	0,058333333
Varianza	0,030851449	0,014710145



Observaciones	24	24
Coefficiente de correlación de Pearson	0,192186599	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	23	
Estadístico t	1,161467305	
P(T<=t) una cola	0,128682112	
Valor crítico de t (una cola)	1,713871528	
P(T<=t) dos colas	0,257364224	
Valor crítico de t (dos colas)	2,06865761	

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	<i>CS GTR INHd</i>	<i>CN GTR INHd</i>
Media	0,091666667	0,066666667
Varianza	0,025144928	0,015362319
Observaciones	24	24
Coefficiente de correlación de Pearson	0,250712649	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	23	
Estadístico t	0,699543924	
P(T<=t) una cola	0,245613624	
Valor crítico de t (una cola)	1,713871528	
P(T<=t) dos colas	0,491227248	
Valor crítico de t (dos colas)	2,06865761	

Variable: Hidroartrosis-Prueba de -Wilcoxon y prueba de los signos

Césped sintético

P-valor estimado por muestreo de todas las permutaciones posibles (n = 5000)

Obs(1)	Obs(2)	N	Suma(R+)	E(R+)	Var(R+)	Z	p(2 colas)
CS HID HAB1	CS HID HAB2	24	0	150	1121,25	-4,48	<0,0001

Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

P-valor estimado por muestreo de todas las permutaciones posibles (n = 5000)

Obs(1)	Obs(2)	N	Suma(R+)	E(R+)	Var(R+)	Z	p(2 colas)
CS HID INH1	CS HID INH2	24	0	150	1137	-4,45	<0,0001



Césped natural

Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

P-valor estimado por muestreo de todas las permutaciones posibles (n = 5000)

Obs(1)	Obs(2)	N	Suma(R+)	E(R+)	Var(R+)	Z	p(2 colas)
CN HID HAB1	CN HID HAB2	24	0	150	1140	-4,44	<0,0001

Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

P-valor estimado por muestreo de todas las permutaciones posibles (n = 5000)

Obs(1)	Obs(2)	N	Suma(R+)	E(R+)	Var(R+)	Z	p(2 colas)
CN HID INH1	CN HID INH2	24	0	150	1153,13	-4,42	<0,0001

Para saber si las desmejorias es igual en ambos tipos de césped:

Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

P-valor estimado por muestreo de todas las permutaciones posibles (n = 5000)

Obs(1)	Obs(2)	N	Suma(R+)	E(R+)	Var(R+)	Z	p(2 colas)
CN HID HABd	CS HID HABd	24	37	150	1158,88	-3,32	0,0362

Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

P-valor estimado por muestreo de todas las permutaciones posibles (n = 5000)

Obs(1)	Obs(2)	N	Suma(R+)	E(R+)	Var(R+)	Z	p(2 colas)
CS HID INHd	CN HID INHd	24	140,5	150	1135,5	-0,28	>0,9999



Variable: Ecogenicidad del tendón rotuliano- prueba de Wilcoxon y prueba d los Signos.

Césped sintético

Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

P-valor estimado por muestreo de todas las permutaciones posibles (n = 5000)

Obs(1)	Obs(2)	N	Suma(R+)	E(R+)	Var(R+)	Z	p(2 colas)
CS ETR HAB1	CS ETR HAB2	24	0	150	1116	-4	0,0376

Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

P-valor estimado por muestreo de todas las permutaciones posibles (n = 5000)

Obs(1)	Obs(2)	N	Suma(R+)	E(R+)	Var(R+)	Z	p(2 colas)
CS ETR INH1	CS ETR INH2	24	0	150	1116	-4	0,0376

Césped natural

Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

P-valor estimado por muestreo de todas las permutaciones posibles (n = 5000)

Obs(1)	Obs(2)	N	Suma(R+)	E(R+)	Var(R+)	Z	p(2 colas)
CN ETR HAB1	CN ETR HAB2	24	0	150	1080	-5	0,0892

Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

P-valor estimado por muestreo de todas las permutaciones posibles (n = 5000)

Obs(1)	Obs(2)	N	Suma(R+)	E(R+)	Var(R+)	Z	p(2 colas)
CN ETR INH1	CN ETR INH2	24	0	150	1099,5	-5	0,0596



Imágenes del trabajo













Referencias bibliograficas:

1. Grelsamer RP. Patellarmalalignment. J BoneJointSurg Am. 2000, 82: 1639-50
2. Anillo Badía R. Valor de la ecografía en la exploración de la rodilla de deportistas cubanos de alto rendimientos. Revista cubana de ortopedia y traumatología. 2008; 22 (2): 85-220.
3. Reilly T. Football In: Physiology of Sports. European Journal of Applied Physiology. 1990, 45 (5): 371-426
4. Burke L. Practical Sport Nutrition. Human Kinetics Pub. 2007; 32 (3): 220-236.
5. Dupont G. Efectos del Entrenamiento Intervalado de Alta Intensidad durante el Período Competitivo en Jugadores de Fútbol. Journal PubliCE Premium. 2014; 20 (3): 206- 213.
6. Villa Barco J.W. Resistencia del Jugador de Futbol en Condiciones Especiales de Seis Ciudades de Colombia. Revista de Entrenamiento Deportivo. 2015; 29 (3): 347-352.
7. Francesc C. Modelos de analisis para la prevencio´n de lesiones en el deporte. Estudio epidemiologico de lesiones: el modelo Union of European Football Associations en el fútbol. Medicina de L'Esport. 2010; 45 (166): 96-1028.
8. Sahrman S. Diagnóstico y tratamiento de las alteraciones del movimiento. Barcelona: Paidotribo; 2006
9. Sobrino Serrano F. Abordaje multidisciplinar de la patología crónica acumulativa por microtraumatismos de repetición. Mapfre Medicina. 2003;14:169-175.
10. (Knees injuries in female basketballists, echographic andarthroscopic sensitivity Dra. Hilda Obregón Rodríguez1; Dr. Emilio Villanueva Cagigas2; Dr. Hugo Mirández Olarán)
11. (V Sanchis. Dolor anterior de rodilla e inestabilidad rotuliana en el paciente joven. España, 2003)
12. (Significance of ultrasonographically detectic asymptomatic tendinosis in the patellar and achilles tendons of elite soccer players. The American Journal of Sport Medicine, vol 30 nro 4. 2002 American orthopedic Society for Sports Medicine)
13. Reilly y Martens (Ficat RP, Philippr J, Hungerford DS. Chondromalacia patellae: a system of classification. Clin orthop 1979; 144: 55-62) ,



14. Castro Jiménez L. Caracterización del gesto deportivo patada de balón en movimiento en el fútbol sala Revista de Investigación: Cuerpo, Cultura y Movimiento. 2013; 4:3-33
15. (Triani M. Musculoskeletal Ultrasound: An Alternative Imaging Modality for Sports- Related Injuries. Topics in magnetic resonance imaging. 2003; 14:103-112)
16. (Vargas A. principios físicos básicos del ultrasonido, sonanatomía del sistema musculo esquelético y artefactos ecográficos. Acta ortopédica mexicana. 2008; 22:361-373
17. (Diaz Rodriguez N. principios físicos de la ecografía. Semergen 2003; 29(2):75-97)
18. Rouviere H. Anatomia Humana, Descriptiva, Topográfica y Funcional, 11^o Edición. Vol. 3. España, Manson S.A. 2005.
19. Silberman Varaona M. Ortopedia y Traumatología. 3er Edición. Buenos Aires. Editorial Médica Panamericana, 2010.
20. Recondo J A, Resonancia Magnética en el tobillo y el pie. 5ta Edición. España. Editorial Díaz de Santos, 2001
21. Jiménez Díaz J.F. Avances técnicos aplicados a la ecografía musculoesquelética de la lesión deportiva. Apunts Med Esport. 2007; 42 (154): 66-75.
22. Herrero Arenas N. Influencia de la superficie de juego, botas y otras variables en la producción de lesiones por mecanismo indirecto de la extremidad inferior en el fútbol. Repositorio digital UCAM. 2014
23. Rouviere H. Anatomia Humana, Descriptiva, Topográfica y Funcional, 11^o Edición. Vol. 3. España, Manson S.A. 2005.
24. Terslev L. Ultrasound and Power Doppler findings in jumper's knee- preliminary observations. European journal of Ultrasonund 2001;13:183-189
25. Koenig et al Koenig M J. Doppler ultrasonography of the anterior knee tendns in elite bádminton players: color fraction before and after match. R Sport Med 2010;44:134-139



26. Fredbarg U. Significance of Ultrasonographically Detected Asymptomatic Tendinosis in the Patellar and Achilles Tendons of Elite Soccer Players. The American journal of sports medicine 2002;30:488-491
27. Anilo Badia R. Valor de la ecografía en la exploración de la rodilla de deportistas cubanos de alto rendimiento. Revista Cubana de ortopedia y traumatología 2008; 22:1-18 }
28. Draghi F. Overload síndromes of the knee in adolescents: Sonographic findings. Journal of ultrasound 2008; 11:151-157
29. Fredbarg U. Significance of Ultrasonographically Detected Asymptomatic Tendinosis in the Patellar and Achilles Tendons of Elite Soccer Players. The American journal of sports medicine 2002;30:488-491
30. Steffen K, et al Risk of injury on artificial turf and natural grass in young female football players. Br J sports med 2007;sup1:33-37