



ARTÍCULO ORIGINAL

Torque máximo absoluto e índice convencional isocinético de rodilla en futbolistas profesionales del 2007 al 2012

H. M. Tlatoa Ramírez*

Centro de Medicina de la Actividad Física y el Deporte (CEMAFyD), Facultad de Medicina, Universidad Autónoma del Estado de México

PALABRAS CLAVE

Dinamometría isocinética; Torque máximo; Velocidad angular.

Resumen

Introducción: La dinamometría isocinética es la técnica que evalúa la fuerza muscular ejercida dinámicamente, en un rango de movimiento determinado y a una velocidad constante y programable. Los equipos que miden esta característica se han utilizado en la rehabilitación, especialmente de rodilla, en los que se consigue hacer trabajar todo el potencial de fuerza del músculo, en todos los grados del arco de movimiento. Este método puede utilizarse para evaluar el equilibrio de la fuerza entre los grupos musculares isquiotibiales (H) y cuadríceps (Q) sobre la articulación de la rodilla, la proporción H/Q debe ser de 1.0 lo que indica que los isquiotibiales pueden resistir tanta fuerza como el cuadríceps pueda producir; esta proporción puede variar con el ángulo articular. Lo anterior aplicado en jugadores de fútbol indicaría que una proporción arriba del 60% sería lo ideal. Por lo que el objetivo de ésta investigación fue determinar el torque máximo absoluto y el índice convencional isocinético de rodilla en futbolistas profesionales y establecer valores de referencia para ambas variables a una velocidad angular de 120 grados/seg, del año 2007 al 2012.

Materiales y métodos: En un estudio observacional, retrolectivo, analítico, se obtuvieron los resultados en 272 futbolistas profesionales de 2007 a 2012 en Toluca, Estado de México, quienes después de un período de calentamiento de 10-15 minutos, se colocaron en posición sedente en un equipo de dinámómetro marca Contrex, y se midió el torque máximo del cuadríceps e isquiotibiales con una velocidad angular de 120 grados/seg. El análisis estadístico se llevó a cabo por pruebas de ANOVA y la prueba de Kruskall-Wallis.

Resultados: El torque máximo absoluto en los músculos extensores de la rodilla derecha fue de 206 ± 28.3 y el de rodilla izquierda fue de 205.1 ± 35.8 . En relación a la musculatura flexora en rodilla derecha fue de 151.4 ± 26.5 y en la rodilla izquierda fue de 148.5 ± 22.8 . Por la prueba de ANOVA se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el torque máximo en flexión derecha y sobre todo en el torque máximo en extensión izquierda y en el índice convencional izquierdo.

*Autor para correspondencia: Centro de Medicina de la Actividad Física y el Deporte (CEMAFyD), Facultad de Medicina, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México, México Eduardo Monroy Cárdenas s/n Col. San Buenaventura, Toluca Estado de México, México CP 50111. Teléfono 722 2780802. Correo electrónico: medicinadeldeporteaemex@gmail.com

Conclusión: Se concluye que a una velocidad angular de 120 grados se tiende a que la relación H/Q se aproxime a la unidad. Por posición de juego los valores más altos correspondieron a los porteros.

KEYWORDS

Isokinetic dynamometry;
Maximum torque;
Angular velocity.

Absolute maximum torque and index isokinetic conventional knee in professionalsoccer players from 2007 to 2012.

Abstract

Introduction: Isokinetic dynamometry is a technique for the evaluation of muscular power produced dynamically within a predetermined adjustable movement range in constant speed. The equipment that measures this feature is used in knee rehabilitation since you can get the full muscle force potential and all degrees of arc of movement. This method can be used to assess the balance of force between the hamstrings (H) and the quadriceps (Q) muscles of the knee joint. The ratio should be 1.0, indicating that the hamstrings can withstand as much force as the quadriceps can produce. This ratio can vary with the joint angle. The former method applied to soccer players would indicate that a ratio above 60% would be ideal. The objective of this paper was to determine the absolute maximum torque and conventional isokinetic index of the knee in professional soccer players and establish reference values for both variables at a speed angle of 120 degrees/sec from 2007 to 2012.

Materials and methods: In an observational, retrospective and analytic study, results from 272 professional soccer players were analyzed from 2007 to 2012 in Toluca, Estado de Mexico. After a period of 10-15 minutes, players were placed in the sitted position on a dynamometer computer (Contrex brand) and maximum torque of the quadriceps and hamstrings was measured with an angular velocity of 120 degrees/sec. The statistical analysis was carried out by ANOVA test and the Kruskall-Wallis method.

Results: The absolute maximum torque in the knee extensor muscles was 206 ± 28.3 and the left knee was 205 ± 35.8 . Furthermore, the right knee flexor maximum torque was 151.4 ± 26.5 and in 148 ± 22.8 the left knee. On the ANOVA test we found statistically significant differences in the maximum torque in right flexion and especially in the maximum torque in left extension and conventional index.

Conclusion: At an angular speed of 120 degrees, H/Q ratio approaches the unit (1.0). By playing position, higher values of maximum torque corresponded to goalkeepers.

Introducción

La dinamometría isocinética es la técnica que evalúa la fuerza muscular ejercida dinámicamente, en un rango de movimiento determinado y a una velocidad constante y programable.

La mayor ventaja de los dinámómetros modernos es la posibilidad de objetivar en una gráfica, las curvas de fuerza/arcos de movimiento y relacionar los diferentes valores obtenidos entre sí y con los de otras investigaciones.

La medida de la fuerza muscular es una forma de evaluar la efectividad de los programas de entrenamiento y rehabilitación siendo la dinamometría isocinética un buen método para ello. Los dinámómetros isocinéticos se han utilizado en la rehabilitación, especialmente de la rodilla, como medio de realizar ejercicios dinámicos, concéntricos y excéntricos, en los que se consigue hacer trabajar todo el potencial de fuerza del músculo, en todos los grados del arco de movimiento.

El ejercicio isocinético puede ser utilizado para cuantificar la capacidad de un grupo de músculos para generar una fuerza o momento torsional y como una modalidad de

ejercicio para restablecer el nivel de fuerza tras una lesión o, simplemente, como entrenamiento¹.

El método isocinético es un sistema de valoración que utiliza la tecnología informática y robótica para obtener y procesar en datos cuantitativos la capacidad muscular. Los sistemas isocinéticos actuales permiten evaluar las diferentes modalidades de ejercicio como el movimiento continuo pasivo, isométrico, isotónico e isocinético, tanto en modalidad concéntrico como excéntrico, en cadena cinética cerrada o abierta e incluso hoy en día, se empieza a introducir por algunos fabricantes el denominado modo balístico. Con el registro de los datos de las fuerzas obtenidas a través de las pruebas isocinéticas, se elaboran una serie de tablas y gráficos que correctamente interpretados permiten una objetiva y correcta valoración funcional de los grupos musculares estudiados. El uso de la metodología isocinética se ha extendido y se ha ido enfocando a tres áreas: valoración de déficit, monitorización del tratamiento rehabilitador, utilización como ayuda diagnóstica. Con su desarrollo y la introducción de sistemas informáticos más sofisticados, se permite hoy en día realizar estudios con velocidad

de movimiento más funcionales (hasta de 400°/seg.), pasando de la posibilidad de estudio exclusivamente de la articulación de la rodilla a poder hacerlo en cualquier articulación o bien en un conjunto de ellas. El desarrollo de una metodología isocinética aporta resultados fiables, objetivos y con alta repetitividad, lo que ha motivado diversos estudios que han conducido a considerarla como una herramienta válida para la medida de resultados clínicos y para la valoración de secuelas. Las pruebas isocinéticas son aceptadas a nivel jurídico como una herramienta objetiva, indicadora de los déficit articulares y musculares existentes. Esta medida se utiliza como un parámetro más para definir grado de discapacidad del sujeto. Su aplicación en la terapia rehabilitadora es importante, como método más efectivo de potenciación selectiva y monitorizada¹⁻³.

Las principales variables a tener en cuenta en dinamometría isocinética son:

- a. Velocidad de movimiento: velocidades lentas (hasta 60°/s); velocidades intermedias (90°/s-150°/s) y velocidades rápidas (mayores a 180°/s).
- b. Rango de movimiento: establecido para cada articulación movimiento, limitado por la patología específica.
- c. Tipo de contracciones: concéntrica y excéntrica.
- d. Ritmo de trabajo: continuo, sobrepuerto o contracción a contracción

Las magnitudes físicas empleadas en dinamometría isocinética son:

- a. Fuerza (newton): es el producto de la masa desplazada por la aceleración adquirida. Es lo que realmente hace el músculo.
- b. Momento (newton x metro): es el momento torsional e indica el resultado externo. Cuando la fuerza se realiza a lo largo de un eje de rotación.
- c. Trabajo (julios): es la fuerza ejercida por la distancia de desplazamiento. Es la energía desarrollada. Gráficamente se objetiva como el área bajo la curva del momento.
- d. Potencia (vatiros): es el trabajo producido por el tiempo empleado. Útil en tareas repetitivas

Las unidades más empleadas en la valoración isocinética son las derivadas del momento torsional, se pueden expresar como el momento medio desarrollado en todo el rango de movimiento; el momento máximo alcanzado y la posición angular del recorrido en que se ejerce el momento máximo. Se puede estudiar el momento de cada ángulo determinado obteniéndose los momentos angulares específicos. Los momentos o fuerzas realizadas se pueden expresar de forma aislada o relacionando los grupos musculares antagonistas. De ésta manera se obtienen los cocientes flexores/extensores de la cadera, rodilla, hombro o el cociente rotadores externos/rotadores internos del hombro. Esta forma de expresar los resultados nos permite detectar posible déficit de fuerza y desequilibrios musculares.

Para poder comparar los datos de diversas personas o poblaciones, se deben expresar en función del peso corporal total o del peso muscular dando lugar a la llamada fuerza relativa o momento relativo. La morfología de las gráficas que representan las curvas de fuerza permiten detectar zonas débiles del recorrido articular, objetivar la aparición de

puntos dolorosos, observar dónde aparece el momento máximo y sospechar la simulación de una lesión ya que cada grupo muscular tiene una “curva tipo” para cada modalidad de ejercicio (concéntrico y excéntrico).

Evaluación isocinética en jugadores de fútbol

La fuerza muscular es definida como la cantidad de fuerza o tensión que un músculo o grupo muscular ejerce contra una resistencia a una velocidad específica durante una contracción voluntaria máxima². En el laboratorio, el aparato isocinético puede usarse en la valoración de la fuerza muscular de individuos para la mayoría de los deportes.

Öberg et al.⁷, reportaron que jugadores del equipo nacional sueco y de la primera división sueca tenían un valor de torque superior a velocidad lenta y rápida para los flexores y extensores de las rodillas que jugadores de la cuarta división de clubes. Resultados similares fueron reportados por Togari, Ohashi y Ohgushi⁸ entre jugadores de élite japoneses (equipo nacional) y jugadores universitarios. Gissis et al.⁹, encontraron que la fuerza máxima sobre la articulación de la rodilla era significativamente mayor para los jugadores jóvenes de élite griegos que para jugadores jóvenes aficionados griegos de una edad similar. Rochcongar et al.¹⁰, y Gür et al.¹¹, han demostrado diferencias en la fuerza de los músculos cuádriceps e isquiotibiales en jugadores de fútbol jóvenes y adultos, con fuerza muscular que aumenta con la edad. Se reporta que los arqueros y los defensores tienen un torque de extensión de rodillas superior que los mediocampistas y delanteros pero se atribuyó a que las diferencias para la mayoría de los jugadores se debían al tamaño corporal¹². Estos resultados indican que la alta fuerza muscular absoluta en los miembros inferiores es un componente importante para el éxito del juego del fútbol y la fuerza muscular aumenta con las normas progresivas del juego.

La dinamometría isocinética puede usarse para evaluar el equilibrio de la fuerza entre los grupos musculares isquiotibiales (H) y cuádriceps (Q) sobre la articulación de la rodilla, calculado como la proporción de H/Q convencional o funcional^{4,13}. La proporción de H/Q convencional es calculada dividiendo la fuerza de la flexión máxima de rodillas entre la fuerza máxima de la extensión de rodillas, esta proporción está calculada en la misma velocidad angular y modo de la contracción (excéntrica, concéntrica o isométrica). La proporción funcional de H/Q ideal debe ser 1.0, lo que indica que los isquiotibiales pueden resistir tanta fuerza como el cuádriceps pueda producir¹⁴. La proporción puede variar con el ángulo articular y, es más, el valor 1.0 puede derivarse de los picos en los diferentes ángulos para acciones concéntricas y excéntricas. La proporción puede, sin embargo, limitarse a la aplicación práctica en ambientes de rehabilitación, ya que las proporciones de H/Q pueden ser idénticas tanto en individuos sanos como en lesionados⁵. Esto puede hacerlo difícil para determinar proporciones de H/Q óptimas que pueden usarse con individuos lesionados que son sometidos a los programas de la rehabilitación.

No obstante, ambas proporciones de H/Q, convencionales y funcionales, pero en particular la última, pueden ser útiles para identificar el equilibrio del músculo funcional y la estabilidad de la articulación de la rodilla en jugadores de fútbol^{15,16}. Una mayor fuerza muscular respecto a la proporción de H/Q funcional para estabilizar la articulación de la

rodilla es importante en la prevención de lesiones¹⁷, con una proporción de H/Q que va entre el 41 y el 81% en jugadores de fútbol, que dependen de la velocidad angular del movimiento¹⁸. Una proporción de H/Q ideal del 60% ha sido sugerida¹⁹. También, parecería ser que el déficit en la proporción H/Q pueden determinarse con más precisión a bajas velocidades que a rápidas¹⁷. Hay evidencia para indicar que los jugadores tienen una proporción de H/Q inferior hacia el final de los partidos como resultado de la fatiga asociada con el ejercicio prolongado: Rahnama et al.¹⁷, reportaron una proporción de H/Q reducida en jugadores de fútbol aficionados al final de un partido simulado comparado con valores pre-partido que pueden indicar que la proporción de H/Q es sensible a la fatiga. La proporción de H/Q también es sensible para detectar los cambios en la fuerza muscular después del período de pretemporada²⁰. Aparentemente, la proporción de H/Q también puede diferenciar entre los diferentes niveles de juego. Cometti et al.⁶, reportaron que jugadores franceses de élite tenían una proporción de H/Q superior que jugadores de sub-élite a varias velocidades angulares entre - 2.09 y 5.23 rad · seg. -1 (120°/seg. y 300°/seg.), con una excepción: 5.23 rad · seg. -1 (300°/seg.).

También se han publicado resultados similares para jugadores ingleses¹⁷. Una explicación probable para las proporciones de H/Q superiores en jugadores de élite comparados con jugadores aficionados es una mayor carga de entrenamiento y especialización del entrenamiento de la fuerza que resulta en mejores equilibrios de la misma. Está claro que pueden emplearse los datos de la valoración de la fuerza muscular en los jugadores del fútbol usando los dinamómetros isocinéticos para evaluar la fuerza muscular general, y puede también evaluarse el efecto del entrenamiento con pesas. En la investigación clínica y científica de la función de la articulación de la rodilla y de la musculatura del muslo han sido evaluadas convencionalmente utilizando una variedad de técnicas. Estas incluyen la inspección visual de la curva momento-ángulo articular²¹, el punto máximo del momento²², el momento en un ángulo específico de la articulación de la rodilla^{22,23} y más comúnmente, el momento pico de la proporción isquiotibiales/cuádriceps^{24, 25}. El más frecuente reporte de la proporción de fuerza de los músculos de la rodilla ha sido la proporción concéntrica isquiotibiales/cuádriceps. Steindler²⁶ adelantó la generalización de que la fuerza muscular absoluta de la rodilla en extensión excede la fuerza de la rodilla en flexión por una magnitud de 3:2 ejemplo H/Q alrededor de 0.66; los valores van desde 0.43-0.90 para esta proporción flexor-extensor de acuerdo a lo reportado, aunque esto depende de la velocidad angular, posición del examen, grupo de población y el uso de la compensación gravitacional (revisión de Nosse²⁴ y Kannus²⁵). Parece haber poco consenso de un valor normal para esta proporción convencional H/Q, aunque 0.6 parece haber ganado alguna aceptación. Para esta instancia, Heiser et al.²⁷, afirmó que la prevención por detección de desequilibrio muscular deberá ser basado sobre un mínimo índice H/Q de 0.60 a una velocidad angular de 1.05 rad.s (60°/seg). El pico torque es influenciado por la velocidad angular en ambos grupos musculares: cuádriceps e isquiotibiales, y este fue mayor en velocidades angulares bajas y menor en velocidades angulares altas²⁸.

Se recomienda que se combinen los datos tanto para las proporciones de H/Q convencionales como funcionales para proveer una evaluación completa de la estabilidad articular

de la rodilla y el riesgo subsecuente de lesión en los individuos. El criterio del test puede mejorarse teniendo en cuenta el ángulo de incidencia del torque pico. Debido a la naturaleza costosa y que consume tiempo al acomodar un equipo entero para la valoración isocinética, deben realizarse tests a los intervalos estratégicos pre-, intra - y fuera de temporada, sobre todo al supervisar la rehabilitación de la fuerza muscular en jugadores lesionados. Deben evaluarse a los individuos a través de múltiples pruebas para que una verdadera indicación de la capacidad de rendimiento del jugador individual pueda establecerse.

En la práctica cotidiana, los grupos musculares cuádriceps e isquiotibiales son los que más frecuentemente se lesionan durante un encuentro de fútbol asociación, a menudo causando una ausencia prolongada a los entrenamientos. Existen varios factores intrínsecos y extrínsecos que contribuyen a estas lesiones. Algunos de estos están relacionados a desequilibrios de la fuerza muscular. Una diferencia desfavorable de los grupos musculares agonistas y antagonistas se considera que deja en desventaja a los grupos musculares débiles. La hipertrofia del cuádriceps a expensas de los isquiotibiales puede causar lesiones en los isquiotibiales. La evaluación del rendimiento muscular humano ha sido sujeto de muchas investigaciones, principalmente en un esfuerzo por desarrollar terapias exitosas para lesiones musculares así como también identificar las deficiencias en la fuerza muscular y evaluar la fuerza de los músculos agonistas y antagonistas. La relación isquiotibiales/cuádriceps ha sido utilizada para evaluar la capacidad funcional de la rodilla y el balance muscular.

En cada una de las posiciones del fútbol asociación el movimiento es la parte fundamental de este juego, ya que nos permite alcanzar la técnica adecuada y ejecutar la táctica en su máximo esplendor y obtener el éxito deportivo.

Este movimiento está condicionado por la acción de los diferentes grupos musculares los cuales a su vez están regidos por el sistema nervioso. Así pues entendemos que la activación muscular en grupo e individual precisa un adecuado movimiento. La ejecución de movimientos armónicos lleva al atleta a generar mayor velocidad de ejecución, mayor fuerza con un menor gasto de energía lo cual lleva al atleta a ser eficiente.

Para esto los músculos agonista y antagonista deberán ser entrenados de manera correcta. El entrenamiento de los grupos musculares no es tarea fácil, sobre todo porque es difícil hacer una evaluación precisa de la cantidad de fuerza que puede generar cada grupo muscular, llevando así el entrenamiento de fuerza a un desbalance muscular lo que se traduce en movimientos desproporcionados y en lesiones deportivas del aparato locomotor.

En México no se ha reportado ningún estudio en el cual se evalúe el torque máximo absoluto y el índice convencional a 120°/seg. a futbolistas profesionales a través del equipo de dinamometría isocinética y se propongan valores de referencia para ésta velocidad, por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar el torque máximo absoluto e índice convencional isocinético de rodilla en futbolistas profesionales y establecer valores de referencia para ambas variables a una velocidad angular de 120°/seg.

Materiales y métodos

Se llevó a cabo un estudio transversal, observacional, retrospectivo y analítico en el Centro de Medicina de la Actividad

Física y el Deporte (CEMAFyD) de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex), que consistió en la revisión de 272 expedientes clínicos de futbolistas profesionales evaluados en el CEMAFyD del 2007 a 2012.

Todos los expedientes clínicos de los jugadores profesionales se evaluaron en el periodo de tránsito, por lo que son previas al inicio de la pretemporada. Previa cita acordada, acudieron al laboratorio morfofuncional del CEMAFyD bajo las siguientes indicaciones:

1. Haber realizado su última ingesta de alimento 4 horas previas a la evaluación.
2. Acudir con ropa deportiva (Tenis, short y playera).
3. No haber realizado entrenamiento deportivo 24 hrs. antes de la evaluación.
4. No presentar ninguna lesión deportiva en el tren inferior ni enfermedad aguda sistémica.

La evaluación de cada uno de los futbolistas consistió primero en la elaboración de su historia clínica-deportiva, se dio información al paciente, los riesgos y beneficios de la prueba, y se obtuvo el consentimiento informado.

Todos los jugadores realizaron un calentamiento de 10 a 15 minutos previo a la evaluación isocinética, se colocaron en posición sedente acorde a las especificaciones de la compañía Contrex para eliminar movimientos extraños y manteniendo un ángulo articular constante de la cadera a 110°. La alineación paralela de la pierna con el brazo de palanca del dinamómetro fue en relación a la alineación del eje anatómico de la rodilla con el eje mecánico del dinamómetro, se establecieron los arcos de movimiento de forma individual acorde a las características anatómicas de cada futbolista. La evaluación isocinética se inició del lado dominante así como de manera pasiva, es decir el equipo isocinético realizó el movimiento el cual posteriormente los jugadores tenían que realizar, esto para familiarizarlos con el equipo de isocinecia y con el tipo de movimiento que debían ejecutar.

El torque máximo concéntrico del cuádriceps e isquiotibiales fue medido en ambos muslos usando el dinamómetro Contrex con una velocidad angular de 120°/seg. El protocolo

de prueba consistió en realizar 1 sesión de esfuerzo concéntrico máximo de 5 repeticiones (5 extensiones y 5 flexiones) a la velocidad angular arriba mencionada, los jugadores fueron instruidos para trabajar con la mayor cantidad de fuerza posible en ambas direcciones del movimiento. El procedimiento de inicio fue con movimiento inicial de flexión y finalizó en forma de stop intermedio en modo de medición Con-trex MJ con compensación activa en modo isocinético con/con (concéntrico/concéntrico). Al evaluar la rodilla contralateral se dejó un espacio de reposo de 5 minutos, concluido este tiempo, se inició la evaluación de la rodilla no evaluada. El dinamómetro fue calibrado después de cada prueba realizada a cada jugador. El equipo Contrex registro automáticamente el torque máximo absoluto de las 5 repeticiones tanto en flexión como extensión de ambas rodillas, los valores del torque máximo absoluto obtenidos en las pruebas isocinéticas tuvieron la corrección de la gravedad.

Se realizó un análisis estadístico descriptivo con medidas de tendencia central y de dispersión. Para el análisis en general de los futbolistas profesionales se utilizó la prueba de ANOVA, y para el análisis por posición de juego se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis. Las diferencias se consideraron estadísticamente significativas con un valor de $p \leq 0.05$.

Resultados

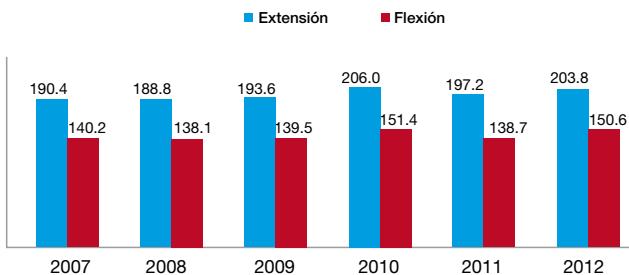
En la tabla 1 se observa que el torque máximo absoluto en los músculos extensores de la rodilla derecha es de 206.0 ± 34.8 (fig. 1) y el torque máximo absoluto de rodilla izquierda en extensión es de 205.1 ± 35.8 (fig. 2). En relación a la musculatura flexora de la articulación de la rodilla los valores del torque máximo encontrados fueron en la rodilla derecha 151.4 ± 26.5 (fig. 1) y en la izquierda de 148.5 ± 22.8 (fig. 2).

Los valores mínimos del torque máximo absoluto en la extensión fueron de 188.8 ± 26.6 (fig. 1) y 179.7 ± 28.3 (fig. 2) del lado derecho e izquierdo respectivamente. En relación al índice convencional encontramos los siguientes valores a

Tabla 1 Evaluación isocinética de rodilla a 120°/seg en futbolistas profesionales

	2007 (n=39)	2008 (n=37)	2009 (n=50)	2010 (n=41)	2011 (n=49)	2012 (n=56)	$p \leq 0.05^{\dagger}$
Edad	23.3 ± 5.5	23.1 ± 5.1	20.9 ± 4.5	20.5 ± 3.7	21.9 ± 4.6	22.1 ± 4.7	0.03
Peso	75.5 ± 6.1	73.1 ± 6.3	71.4 ± 7.1	73.1 ± 8.1	73.0 ± 7.7	72.5 ± 7.7	0.20
Estatura	1.77 ± 0.5	1.75 ± 0.5	1.75 ± 0.6	1.76 ± 0.6	1.76 ± 0.6	1.76 ± 0.6	0.83
IMC	24.7 ± 1.4	23.6 ± 1.4	23.1 ± 1.8	23.3 ± 1.5	23.3 ± 1.5	23.1 ± 1.6	0.06
TMED	190.4 ± 33.7	188.8 ± 26.6	193.6 ± 30.7	206.0 ± 34.8	197.2 ± 32.0	203.8 ± 35.8	0.07
TMFD	140.2 ± 22.7	138.1 ± 23.4	139.5 ± 26.0	151.4 ± 26.5	138.7 ± 27.7	150.6 ± 27.3	0.02
TMEI	187.3 ± 28.9	179.7 ± 28.3	186.5 ± 35.4	205.1 ± 35.8	199.2 ± 33.7	203.4 ± 33.9	<0.01
TMFI	140.6 ± 19.6	139.3 ± 17.7	143.8 ± 26.6	148.5 ± 22.8	135.9 ± 27.8	147.3 ± 26.0	0.10
ICD	0.76 ± 0.18	0.73 ± 0.08	0.73 ± 0.14	0.74 ± 0.10	0.71 ± 0.11	0.75 ± 0.10	0.49
ICI	0.76 ± 0.13	0.79 ± 0.12	0.79 ± 0.18	0.74 ± 0.10	0.68 ± 0.09	0.73 ± 0.09	<0.01

IMC: Índice de masa corporal; TMED: Torque máximo en extensión derecha; TMFD: Torque máximo en flexión derecha; TMEI: Torque máximo en extensión izquierda; TMFI: Torque máximo en flexión izquierda; ICD: Índice convencional derecho; ICI: Índice convencional izquierdo; \dagger : Prueba de ANOVA



Se observa el torque máximo a $120^\circ/\text{seg}$. del lado derecho, el valor máximo a la extensión es de 206.0 n/m en 2010 y el mínimo es de 188.8 n/m en 2008. El valor máximo a la flexión es de 151.4 n/m en 2010 y el mínimo es de 138.1 n/m en 2008.

Figura 1 Torque máximo a $120^\circ/\text{seg}$ del lado derecho en futbolistas profesionales

una velocidad de $120^\circ/\text{seg}$. en el lado derecho el máximo y el mínimo fueron de 0.76 ± 0.13 y 0.71 ± 0.11 , respectivamente y el lado izquierdo presentó los siguientes valores máximo y mínimo: 0.79 ± 0.18 y 0.68 ± 0.09 .

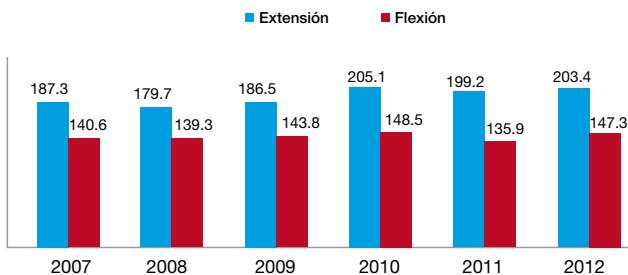
Discusión

Con este trabajo se obtuvieron los valores promedio máximos y mínimos de torque, en flexión y extensión, de ambas rodillas y los índices convencionales de todo el conjunto de futbolistas profesionales estudiados. Además se reportó el análisis por posición de juego, obteniendo de este modo datos que proponemos como valores de referencia en nuestra región. Es importante subrayar que en todas las mediciones que se realizaron los futbolistas venían de un período de descanso de aproximadamente 30 a 45 días (período de tránsito), en el cual, al inicio de la pre-temporada, se les evaluó.

De este modo, para el conjunto de futbolistas estudiados, tomando en consideración los rangos de edad, peso y estatura señalados en la tabla 2, a un intervalo de confianza del 95%, proponemos los siguientes valores de referencia: para la rodilla derecha en extensión un intervalo de valores de torque máximo absoluto de 193.1 - 201.0 N/m y para la rodilla izquierda en extensión un intervalo de valores de 190.1 N/m - 198.3 N/m. Para la rodilla derecha en flexión un intervalo de valores de torque máximo absoluto de 140.1 N/m - 146.4 N/m y para la rodilla izquierda un intervalo de valores de 139.8 N/m - 145.6 N/m. El intervalo de valores del índice convencional de rodilla derecha e izquierda propuesto es de 0.71 - 0.75 y 0.73 - 0.76, respectivamente.

Sin embargo los valores de referencia más específicos que proponemos los expresamos por posición de juego como se expresan en las tablas 3 a 6.

Los expresados valores de referencia se proponen para tomarse como mediciones de normalidad en nuestra región para que los futbolistas que sean evaluados en dinamómetro isocinético a $120^\circ/\text{seg}$. y puedan tener un parámetro de calificación y emitir un juicio en relación a la fuerza muscular y estabilidad de la articulación de la rodilla. Dichos valores los expresamos por posición de juego, ya que tienen mayor y mejor especificidad, en virtud del tipo de entrenamiento,



Se observa el torque máximo a $120^\circ/\text{seg}$. del lado izquierdo, el valor máximo a la extensión es de 205.1 n/m en 2010 y el mínimo es de 179.7 n/m en 2008. El valor máximo a la flexión es de 148.5 n/m en 2010 y el mínimo es de 135.9 n/m en 2011.

Figura 2 Torque máximo a $120^\circ/\text{seg}$ del lado izquierdo en futbolistas profesionales

Tabla 2 Evaluación isocinética de rodilla a $120^\circ/\text{seg}$. durante seis años.

272 Futbolistas profesionales		
	Promedio \pm D.E.	IC 95%
Edad	21.92 ± 4.6	21.3 - 22.4
Peso	73.01 ± 7.3	72.1 - 73.8
Estatura	1.76 ± 0.7	1.75 - 1.77
IMC	23.40 ± 1.6	23.2 - 23.5
TMED	197.09 ± 32.9	193.1 - 201.0
TMFD	143.3 ± 26.3	140.1 - 146.4
TMEI	194.2 ± 34.1	190.1 - 198.3
TMFI	142.7 ± 24.4	139.8 - 145.6
ICD	0.73 ± 0.1	0.71 - 0.75
ICI	0.74 ± 0.1	0.73 - 0.76

DE: Desviación estándar; IC: Intervalos de confianza; IMC: Índice de masa corporal; TMED: Torque máximo en extensión derecha; TMFD: Torque máximo en flexión derecha; TMEI: Torque máximo en extensión izquierda, *TMFI: Torque máximo en flexión izquierda, *ICD: Índice convencional derecho, *ICI: Índice convencional izquierdo.

la morfología del deportista y función técnico-táctica dentro del terreno de juego.

Un dato que arroja nuestro estudio es el de identificar que el torque máximo absoluto de la rodilla es mayor en los porteros, seguidos por los defensas, los delanteros y por último los mediocampistas, en ese orden. La estatura lleva un parámetro muy similar donde los más altos son los porteros, seguidos por los defensas, los delanteros y los mediocampistas. En relación al peso los porteros presentan el mayor peso (78.3 ± 6.5 Kg), seguidos por los defensas (75.5 ± 6.4 Kg), los delanteros (71.2 ± 6.6 Kg) y por último los mediocampistas (70.1 ± 6.9 Kg), cabe señalar que es muy importante referirnos a la composición corporal y sobre todo al % muscular,

Tabla 3 Evaluación isocinética de rodilla a 120°/seg. durante seis años.

	32 Porteros	
	Promedio ± DE*	IC* 95%
Edad	22.97 ± 5.8	20.8 - 25.1
Peso	78.3 ± 6.5	75.9 - 80.7
Estatura	1.80 ± 0.1	1.79 - 1.82
IMC*	23.9 ± 1.7	23.2 - 24.5
TMED*	210.5 ± 33.3	198.4 - 222.5
TMFD*	152.4 ± 22.3	144.3 - 160.4
TMEI*	209.1 ± 38.2	195.3 - 222.9
TMFI*	152.5 ± 24.9	143.5 - 161.5
ICD*	0.73 ± 0.1	0.68 - 0.79
ICI*	0.75 ± 0.1	0.68 - 0.81

DE: Desviación estándar; *IC: Intervalos de confianza; IMC: Índice de masa corporal; TMED: Torque máximo en extensión derecha; TMFD: Torque máximo en flexión derecha; TMEI: Torque máximo en extensión izquierda; TMFI: Torque máximo en flexión izquierda; ICD: Índice convencional derecho; ICI: Índice convencional izquierdo.

por lo cual en otro trabajo realizaremos la correlación entre el % de músculo y el torque máximo relativo de los futbolistas.

Estudios de otros autores han concluido que los valores del torque máximo absoluto están en relación a la posición que desempeñan los jugadores sobre el terreno de juego, como lo observaron Öberg et al.³⁰, quienes reportaron que los arqueros y los defensores tienen un torque de extensión de rodillas superior que los mediocampistas y delanteros. Los resultados de nuestro estudio coinciden con las conclusiones de estos autores, sin embargo ellos no refieren el torque máximo absoluto de las rodillas en flexión, en donde los porteros también presentan los mayores valores, seguidos de los delanteros sobre todo en el torque máximo absoluto de flexión de rodilla derecha (149.0±24.2 N/m) y para la rodilla izquierda (144.3±20.9 N/m), seguidos de los defensas y mediocampistas. El lado dominante es una de las características que se observan en los criterios de análisis de los resultados de la isocinética, al igual que el tiempo de su vida deportiva, interrumpida como ininterrumpida, las lesiones que ha presentado y el tipo de entrenamiento que los diversos estilos de preparadores físicos y entrenadores ejecutan en el terreno de juego, y todos estos factores múltiples es lo que hace que la isocinética tenga riqueza en lo que proponemos como un seguimiento médico técnico, con el mismo instrumento de evaluación e incluso de entrenamiento.

Zakas²⁹ en su estudio evaluó el torque máximo absoluto bilateral del lado dominante con el no dominante, encontrando un ligero aumento del torque máximo absoluto para el lado dominante, el índice convencional cercano a la unidad y una mejor proporción bilateral a velocidades angulares de 120°/seg y 90°/seg.

Mucho se ha hablado de individualizar el entrenamiento de fuerza muscular de acuerdo a las características que

Tabla 4 Evaluación isocinética de rodilla a 120°/seg. durante seis años.

	86 Defensas	
	Promedio ± DE	IC al 95%
Edad	21.9 ± 4.4	21.0 - 22.9
Peso	75.5 ± 6.4	74.1 - 76.9
Estatura	1.78 ± 0.1	1.77 - 1.80
IMC	23.6 ± 1.3	23.3 - 23.9
TMED	202.4 ± 37.4	194.4 - 210.5
TMFD	143.1 ± 29.2	136.8 - 149.4
TMEI	195.3 ± 39.2	186.9 - 203.7
TMFI	143.2 ± 26.7	137.5 - 149.0
ICD	0.71 ± 0.1	0.68 - 0.74
ICI	0.74 ± 0.1	0.71 - 0.77

DE: Desviación estándar; IC: Intervalos de confianza; IMC: Índice de masa corporal; TMED: Torque máximo en extensión derecha; TMFD: Torque máximo en flexión derecha; TMEI: Torque máximo en extensión izquierda; TMFI: Torque máximo en flexión izquierda; ICD: Índice convencional; ICI: Índice convencional izquierdo.

exige la posición en el terreno de juego, por lo que la dinamometría isocinética ofrece una herramienta útil para implementar un modelo piramidal de fuerza dependiendo de los valores emitidos en la evaluación y los objetivos que se persigan, tanto del estilo de juego como de la posición dentro del campo.

El índice convencional H/Q en contracción concéntrica ofrece varias alternativas de análisis, en donde, como se ha mencionado, la relación 3:2 es una propuesta a 60°/seg. Sin embargo las velocidades bajas sobre todo de 60°/seg y menores ocasionan gran estrés articular con riesgo a lesionar alguna estructura de la articulación de la rodilla, además en nuestra experiencia los atletas no aceptan las velocidades bajas, y en no pocas ocasiones manifiestan su inconformidad y molestia al saber la velocidad (60°/seg) en la que se les ha de evaluar y sobre todo con el número de velocidades a las que han de trabajar para ser evaluados. Es por eso que se plantea por qué se tienen que realizar 3 o más mediciones a distintas velocidades y se propone encontrar una velocidad que se aproxime al gesto deportivo, que no sea tan molesto para el futbolista y que no exista el riesgo de lesionarlo. Aagaard et al.³¹, propone el índice funcional o dinámico en donde al cuádriceps lo ejercita en contracción concéntrica y a la musculatura flexora en contracción excéntrica, esta medición podría reflejar una condición más real y podría reflejar patrones de movimientos empleados en las actividades deportivas³⁰.

“Podría” como lo expresa Aagaard. Es por eso que esta propuesta abre un panorama a realizar más investigaciones en este índice, sin embargo sabemos que el someter a un futbolista a realizar contracciones excéntricas requiere de habilidades más precisas y exigentes y de un mayor control neuromuscular, con el riesgo de presentar una lesión durante la evaluación isocinética. La propuesta es que el análisis

Tabla 5 Evaluación Isocinética de rodilla a 120°/seg. durante seis años.

	103 Mediocampistas	
	Promedio ± DE	IC al 95%
Edad	21.58 ± 4.4	20.7 - 22.4
Peso	70.1 ± 6.9	68.7 - 71.4
Estatura	1.74 ± 0.1	1.73 - 1.75
IMC	23.1 ± 1.8	22.7 - 23.4
TMED	187.2 ± 26.6	182.1 - 192.4
TMFD	137.8 ± 24.7	132.9 - 142.6
TMEI	189.1 ± 27.8	183.6 - 194.5
TMFI	138.3 ± 23.1	133.8 - 142.9
ICD	0.73 ± 0.1	0.71 - 0.75
ICI	0.73 ± 0.1	0.71 - 0.75

DE: Desviación estándar; IC: Intervalos de confianza; IMC: Índice de masa corporal; TMED: Torque máximo en extensión derecha; TMFD: Torque máximo en flexión derecha; TMEI: Torque máximo en extensión izquierda; TMFI: Torque máximo en flexión izquierda; ICD: Índice convencional; ICI: Índice convencional izquierdo.

conjunto del índice convencional y el torque máximo absoluto en el seguimiento médico técnico de los cambios que un futbolista presenta a lo largo del tiempo en su vida deportiva, dará esa confianza de poder emitir un juicio predictivo no solo en la probabilidad de lesión sino la utilidad que también nos interesa, que es la estabilización articular, el equilibrio e incremento de la fuerza muscular de la articulación de la rodilla, con la finalidad de optimizar el rendimiento y su gesto deportivo. Esto podrá extrapolarse a otras articulaciones dejando una línea de investigación para futuros profesionales de la medicina del deporte.

Se proponen los valores de referencia como datos de normalidad para futbolistas en nuestra región, que pueden servir para que con el mismo instrumento de medición puedan comparar o enriquecer esta información otros investigadores. Hemos notado también que probablemente la estatura sea un factor intrínseco para obtener mayor torque máximo absoluto, al observar que los jugadores más altos presentaron los mayores resultados. Probablemente la edad no sea un factor tan importante como la altura del deportista para obtener un torque máximo absoluto alto, creando otra línea de investigación para los jugadores que participan en nuestro país mexicanos y extranjeros en su mayoría latinoamericanos.

El panorama es muy claro en continuar focalizando la atención en los índices convencional y funcional con la finalidad de tener un conocimiento más preciso del balance muscular durante la ejecución de movimientos en el fútbol asociación.

También son necesarios más estudios que examinen las diferentes variables e índices isocinéticos empleando distintas poblaciones, personas con alteraciones músculo-esqueléticas específicas y atletas de alto nivel.

Tabla 6 Evaluación Isocinética de rodilla a 120°/seg. durante seis años.

	51 Delanteros	
	Promedio ± DE	IC al 95%
Edad	21.8 ± 4.4	20.5 - 23.1
Peso	71.2 ± 6.6	69.3 - 73.1
Estatura	1.74 ± 0.1	1.73 - 1.76
IMC	23.3 ± 1.3	22.9 - 23.7
TMED	199.4 ± 31.6	190.5 - 208.3
TMFD	149.0 ± 24.2	142.2 - 155.8
TMEI	193.4 ± 31.5	184.5 - 202.3
TMFI	144.3 ± 20.9	138.4 - 150.2
ICD	0.75 ± 0.1	0.72 - 0.77
ICI	0.76 ± 0.1	0.71 - 0.80

DE: Desviación estándar; IC: Intervalos de confianza; IMC: Índice de masa corporal; TMED: Torque máximo en extensión derecha; TMFD: Torque máximo en flexión derecha; TMEI: Torque máximo en extensión izquierda; TMFI: Torque máximo en flexión izquierda; ICD: Índice convencional; ICI: Índice convencional izquierdo.

Financiamiento

No existió financiamiento para la realización del proyecto.

Conflictos de interés

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

Bibliografía

1. Martínez González-Moro I. Generalidades sobre la dinámica isocinética. Recursos y documentación sobre fitness y salud 2006;43:1-14.
2. Bell GJ, Wenger HA. Physiological adaptations to velocity-controlled resistance training, Sports Medicine 1992;13:234 - 244.
3. Baltzopoulos V, Gleeson NP. Skeletal muscle function. R. Eston & T. Reilly (Eds.). Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual. 2001;2:1 - 35. London: Routledge.
4. Aagaard P, Simonsen EB, Trolle M, Bangsbo J, Klausen K. Isokinetic hamstring/quadriceps strength ratio: Influence from joint angularvelocity, gravity correction and contraction mode. Acta Physiologica Scandinavica 1995;154:421 - 427.
5. Kannus P. Isokinetic evaluation of muscular performance: Implications for muscle testing and rehabilitation. International Journal of Sports Medicine 1994;15:S11 - S18.
6. Cometti G, Maffiuletti NA, Pousson M, Chatard J-C, Maffulli N. Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. International Journal of Sports Medicine 2001;22:45 - 51.
7. Öberg B, Möller M, Gillqvist J, Ekstrand J. Isokinetic torque levels for knee extensors and knee flexors in soccer players. International Journal of Sports Medicine 1986;7:50 - 53.
8. Togari H, Ohashi J, Ohgushi T. Isokinetic muscle strength of soccer players. T. Reilly, A. Lees, K. Davids, & W. J. Murphy (Eds.), Science and football 1988:181 - 185)London: E & FN Spon.

9. Gissis I, Nikolaidis D, Papadopoulos C, Papanikolaou Z. Maximal isometric force and cycling speed in young male soccer players. Communication to the Fifth World Congress of Science and Football 2003:142.
10. Rochcongar P, Morvan R, Dassonville JJ, Belliot J. Isokinetic investigation of knee extensors and knee flexors in young French soccer players. International Journal of Sports Medicine 1988;9:448 - 450.
11. Gür H, Akova B, Pündük Z, Kücüko ğ lu S. Effects of age on the reciprocal peak torque ratios during knee muscle contractions in elite soccer players. Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports 1999;9:81 - 87.
12. Öberg B, Ekstrand J, Möller M, Gillqvist J. Muscle strength and flexibility in different positions of soccer players. International Journal of Sports Medicine 1984;5:213 - 216.
13. Aagaard P, Simonsen EB, Magnusson SP, Larsson B, Dyhre-Poulsen P. A new concept for isokinetic hamstring:quadriceps muscle strength ratio. American Journal of Sports Medicine 1998;26:231 - 237.
14. Graham-Smith P, Lees A. Risk assessment of hamstring injury in rugby union place kicking. W. Spinks, T. Reilly, & A. Murphy (Eds.), Science and football IV, 2002:182 - 189. London: Routledge.
15. Reilly T. Physiological profile of the player. B. Eklblom (Ed.), Football (soccer) 1994:78 - 94. London: Blackwell.
16. Zakas A, Mandroukas K, Vamvakoudis E, Christoulas K, Aggelopoulos N. Peak torque of quadriceps and hamstrings muscles in basketball and soccer players of different divisions. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 1995;35:199 - 205.
17. Orchard J, Marsden J, Lord S, Garlick D. Preseason hamstring muscle weakness associated with hamstring muscle injury in Australian footballer. American Journal of Sports Medicine 1997;25:81 - 85.
18. Rahnama N, Reilly T, Lees A and Graham-Smith P. A comparison of musculoskeletal function in elite and sub-elite English soccer players, In T. Reilly & M. Marfell-Jones (Eds.), Kinanthropometry VIII: Proceedings of the Eighth International Conference of the International Society for the Advancement of Kinanthropometry 2003:151 - 164). London: Taylor & Francis.
19. Ekstrand J, Gillqvist J. The avoidability of soccer injuries. International Journal of Sports Medicine 1982;4:124 - 128.
20. Kayatekin M. The effects of regular training on knee flexor - extensor muscle torques of soccer players. Turkish Journal of Sports Medicine 1995;30:85 - 94.
21. Grace TG, Sweeter ER, Nelson MA, Ydens LR, Skipper B.J. Isokinetic muscle imbalance and knee-joint injuries. Journal of Bone and Joint Surgery Am 1984;66:734-740.
22. Thorstensson A, Grimby AG, Karlsson J. Force-velocity relationships and fibre composition in human knee extensors. Journal of Applied Physiology 1976;40:12-16.
23. Perrine JJ, Edgerton VR. Muscle force-velocity and power-velocity relationships under isokinetic loading. Medicine and Science in Sports and Exercise 1978;10:159-166.
24. Nosse L. Assessment of selected reports on the strength relationship of the knee musculature. Journal of Orthopaedics and Sports Physical Therapy 1982;4:78-85.
25. Kannus P, Jarvinen M. Knee flexor and extensor strength ratios in follow up of acute knee distortion injuries. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 1990;7:38-41.
26. Steindler A. Kinesiology of the Human Body under Normal and Pathological Conditions. Charles C Thomas Publisher, Springfield, IL.18-22.
27. Heiser TM, Weber J, Sullivan G, Clare P, Jacobs RR. Prophylaxis and management of hamstring muscle injuries in intercollegiate football players. American Journal of Sports Medicine 1984;12:368-370.
28. Zakas A. Bilateral isokinetic peak torque of quadriceps and hamstring in professional soccer players with dominant on one or both two sides. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 2006;46:1. Health & Medical Complete.
29. Zakas A. Bilateral isokinetic peak torque of quadriceps and hamstring in professional soccer players with dominante on one or both two sides. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 2006;46:1. Health & Medical Complete
30. Holcomb WR, Rubley MD, Lee HJ, Guadagnoli MA. Effect of Hamstring-emphasized resistance training on hamstring: quadriceps strength ratios. J Strength Con Res. 2007;21:41-7.
31. Aagaard P, Simonsen EB, Trolle M, Bangsbo J, Klausen K. Isokinetic Hamstring/Quadriceps strength ratio: influence from joint angular velocity, gravity correction and contraction mode. Acta Physiol Scand. 1995;154:421-427.