

Revista de
**Medicina e
Investigación**

www.elsevier.es



ARTÍCULO ORIGINAL

Torque máximo en jugadores profesionales de fútbol asociación durante la pretemporada, Toluca, México, 2010

H. M Tlatoa Ramírez*, J. Pimienta Rodríguez, H. L. Ocaña Servín y J. A. Aguilar Becerril

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

PALABRAS CLAVE

Dinamometría isocinética; Torque máximo; Fútbol asociación.

Resumen

Introducción: La dinamometría isocinética es la técnica que estudia la fuerza muscular ejercida dinámicamente, en un rango de movimiento determinado y a una velocidad constante y programable. 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. **Objetivo:** Determinar el pico de torque máximo en jugadores profesionales de acuerdo a su posición dentro del terreno de juego, así como identificar los déficits y desequilibrio de fuerza, en futbolistas profesionales.

Materiales y métodos: Previo calentamiento, se colocó a los futbolistas en el equipo Con-trex con un ángulo articular constante de la cadera de 100 grados, se inició la evaluación con la extremidad dominante y se midió el pico torque concéntrico del cuádriceps e isquiotibiales con una velocidad angular de 120 grados. Se hicieron 3 sesiones en 8, 6 y 5 repeticiones, con 1 minuto de recuperación. El procedimiento inició con extensión y finalizó con flexión.

Resultados: Se evaluaron 43 jugadores de fútbol asociación, hombres de 23- 26 años de edad, 13 defensas, que obtuvieron 156.8 Nm promedio en flexión derecha y 152.1 Nm en flexión izquierda, los medios el grupo más numeroso con 21 jugadores, tuvieron un promedio de 144.1 Nm en flexión derecha y 140.5 Nm en flexión izquierda. Los delanteros, 9 en total tuvieron una media de 155.4 Nm en flexión derecha y 151.4 Nm en flexión izquierda.

KEYWORDS

Isokinetic dynamometry; Maximun torque; Association football.

Maximum Torque in Professional Football Players during preseason, Toluca, Mexico, 2010

Abstract

Introduction: The isokinetic dynamometry is a technique that studies muscular strength exerted dynamically determined in the range of motion at a constant and programmable speed. The

*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 Cardenas s/n Col. San Buenaventura, Toluca Estado de México, México CP 5011. Teléfono 722 2780802. Correo electrónico: medicinadeldeporteuaemex@gmail.com

measurement of muscle strength is a way to evaluate the effectiveness of training programs and rehabilitation. This paper aims to determine the maximum torque in professional soccer players according to their position in the field of play and identify deficits and imbalance in muscle strength.

Materials and methods: After a warming period of 15 minutes, players were placed in the Con-trex equipment with a constant angle of the hip joint 100 degrees. The assessment began with the dominant limb and maximum concentric torque of the quadriceps and hamstrings with an angular velocity of 120 degrees. Three sessions of effort in 8, 6 and 5 repeats with 1 minute of recovery were made. The process started with the extension and ended with flexion.

Results: 43 soccer players were studied. Men 23-26 years old, 13 defenses obtained 156.8 nm average flexion right and 152.1 nm left flexion when were evaluated. The means: 21 players obtained average at 144.1 nm in right flexion and 140.5 nm en left flexion. The front: 9 players obtained a mean of 155.4 nm in right flexion and 151.4 in left flexion.

Introducción

La dinamometría isocinética es la técnica que estudia la fuerza muscular ejercida dinámicamente, en un rango de movimiento determinado y a una velocidad constante y programable¹.

En la actualidad los avances tecnológicos nos han permitido obtener aparatos más sofisticados y de mayor precisión, los dinamómetros modernos, nos dan la posibilidad de objetivar, en una gráfica, las curvas de fuerza/arco de movimiento y relacionar los diferentes valores obtenidos, entre sí y con los de otras exploraciones; por ello, es un instrumento preciso para la evaluación de la función muscular y valoración articular. 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 dinamómetros isocinéticos se han utilizado en la rehabilitación, especialmente de 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 troque máximo y como una modalidad de ejercicio para restablecer el nivel de fuerza tras una lesión o, simplemente, como entrenamiento.

Por ello, los dinamómetros isocinéticos tienen dos posibilidades de uso: la primera como una máquina de musculación, sofisticada y versátil, que sirve para ayudar y mejorar la rehabilitación de lesiones articulares. La segunda posibilidad es la de ser un instrumento preciso para la evaluación de la función muscular y valoración articular.

Estas dos modalidades tienen aplicación en el deportista y en la rehabilitación de lesiones del aparato locomotor, ya que se ha comprobado que la introducción de ejercicios isocinéticos acorta el tiempo de recuperación de determinadas lesiones y esto es importantísimo en el deporte profesional, ya que puede regresar a su actividad competitiva en menor tiempo y que, por otro lado, la identificación de posibles alteraciones puede servir para la prevención de lesiones y actuación precoz ante alteraciones musculares².

El proceso de evaluación implica la medición y valoración de determinado aspecto en comparación con un parámetro de referencia. Todo proceso educativo o de entrenamiento

requiere de una evaluación para objetivar las condiciones actuales, realizar un diagnóstico, proponer objetivos, programar conductas y luego ejecutarlas para modificar el proceso^{3,4}. Bajo una concepción fisiológica más propia del ámbito de la actividad física y el deporte, la fuerza muscular puede ser entendida como la capacidad del músculo para vencer una resistencia. La "capacidad de producir tensión que tiene el músculo al contraerse"^{5,6}.

Sin embargo, en la actualidad existen tal cantidad de definiciones que dificultan y generan cierta confusión terminológica⁷. En la naturaleza existen únicamente dos tipos de contracción muscular: una que produce movimiento bien sea de alargamiento (contracción excéntrica) bien sea de acortamiento (contracción concéntrica) y otra que no produce movimiento externo (contracción isométrica)⁸. La fuerza en el ámbito deportivo se entiende como la capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse o, como se entiende habitualmente, al contraerse.

Fuerza isotónica excéntrica: Este tipo de contracción aparece cuando la resistencia externa es mayor que la tensión que genera el músculo. Cuando esto sucede, se produce un estiramiento o elongación del músculo. Esto recibe la denominación de acción excéntrica. En este caso, se produce movimiento articular por lo que ésta es también una acción dinámica⁹.

Fuerza isotónica concéntrica: En este caso, la tensión muscular es mayor que la resistencia externa, y por lo tanto esto provoca un acortamiento del músculo y la consecuente disminución de la longitud del mismo. La acción principal de los músculos, el acortamiento, recibe la denominación de acción concéntrica. Este acortamiento muscular en conjunción con el mantenimiento de la longitud de los tendones hace que se produzca una variación en el ángulo articular, produciéndose de este modo el movimiento. Por este motivo, las acciones concéntricas son consideradas como acciones dinámicas¹⁰.

Fuerza isométrica: Se produce cuando la tensión muscular es igual a la resistencia externa. En este caso la longitud del músculo permanece constante y recibe la denominación de acción estática. Sin embargo, esta ausencia de movimiento externo en realidad no es tal. A nivel interno, los músculos sufren variaciones en su longitud causadas por las propias características elásticas de los tendones que se alargan al contraerse las fibras musculares permaneciendo estable la longitud total del músculo, manteniéndose constante el

ángulo articular¹¹. El cuerpo de ser humano tiene una gran capacidad de adaptación ante estímulos estresantes como pudiera ser un entrenamiento de fuerza. Este entrenamiento, considerado como un estímulo, cuando es lo suficientemente grande para las condiciones físicas en las que se encuentra el sujeto produce un desequilibrio tal en su homeostasis que, además de activar el metabolismo catabólico y generar por tanto un gasto energético, también produce daños musculares y alteración en los parámetros enzimáticos¹² por lo que sus capacidades físicas en este periodo inicial se ven disminuidas con dicho entrenamiento.

Una vez superado el estímulo en esta fase inicial, y en tanto en cuanto no se rebasen las reservas del organismo, se da lugar en el cuerpo un fenómeno de adaptación fisiológica conocido comúnmente como "síndrome general de adaptación"¹³ por medio del cual tras un tiempo prudente de recuperación se restablece de nuevo el equilibrio en el organismo. Pero cabe destacar, que en el nuevo equilibrio alcanzado tras el entrenamiento, los valores iniciales con los que partía el sujeto se ven superados, mejorando las capacidades físicas de éste. Se trata de la supercompensación, restauración ampliada, o excitación postinhibitoria. Gracias a este fenómeno fisiológico se produce una adaptación crónica, siempre y cuando la cantidad de los estímulos (entrenamientos) y su planificación en el tiempo sean los correctos, posibilitando al sujeto una mejora de sus capacidades. De hecho, la idoneidad del entrenamiento radica precisamente en la capacidad de planificar correctamente la periodicidad de estos estímulos, aumentando progresivamente su intensidad y respetando los descansos necesarios para el adecuado aporte de nutrientes a los músculos, permitiendo que estas adaptaciones o supercompensaciones se den de forma crónica y no aguda. Para ello, fundamentalmente, es necesario incidir en las estructuras responsables de la contracción muscular. Por un lado, producir adaptaciones en el sistema nervioso y por otro, adaptaciones a nivel muscular, tal y como aparecen desglosados en los siguientes subapartados descritos a continuación.

En la literatura científica aparecen numerosas referencias que argumentan mejoras en la fuerza sin incrementos en la masa muscular lo que significa que muy posiblemente sean debidas a las adaptaciones del sistema nervioso producidas¹⁴. Normalmente, se suele distinguir entre dos tipos de adaptaciones del sistema nervioso bien diferenciadas. Estas dos adaptaciones son la coordinación intramuscular y la coordinación intermuscular que han sido comprobadas en el entrenamiento con cargas por trabajos reseñables al respecto¹⁵.

Los husos neuromusculares producen el reflejo de estiramiento o reflejo miotático ante un brusco alargamiento del músculo. Se trata de una contracción producida como mecanismo reflejo de defensa. Por ello, la contracción concéntrica se ve facilitada por la aparición de este reflejo miotático al realizar ejercicios explosivos en los que el ciclo de acortamiento-estiramiento del músculo se lleva a cabo de forma intensa, como son los ejercicios pliométricos, y de este modo emplear la actividad refleja del músculo para producir contracciones más fuertes.

Para que un músculo produzca fuerza el contrario debe relajarse. Esto ya fue definido con el nombre de inhibición recíproca. Desde aquel tiempo hasta nuestros días, muchas son las investigaciones acerca del tema que así lo confirman. Se ha comprobado como el nivel de entrenamiento

de un sujeto varía su capacidad para relajar los músculos antagonistas, de forma que cuanto más entrenado esté un atleta sus contracciones serán menores y en consecuencia, su producción de fuerza será mayor. Con el entrenamiento se mejora la relación agonista-antagonista consiguiendo niveles de actividad electromiográfica en los músculos antagonistas menores¹⁶.

La capacidad para producir fuerza que tiene de un músculo está relacionada con su sección transversal. A raíz del entrenamiento de fuerza y por consiguiente, de la aplicación de sobrecargas sobre el músculo, se produce una hipertrofia aumentando la sección transversal del mismo. A una mayor masa muscular, la capacidad potencial de producir fuerza por ese músculo será mayor. Sin embargo, una mayor sección transversal no siempre implica una mayor fuerza. Esto se debe a que la sección transversal puede ser aumentada, fundamentalmente, por dos causas: o bien por una hipertrofia miofibrilar o bien por una hipertrofia sarcoplasmática. La diferencia entre ambas estriba en que en el segundo caso se produce un crecimiento del sarcoplasma pero no de las proteínas contráctiles por lo que aumenta la sección transversal pero no así la fuerza del músculo quedando músculos hipertrofiados pero con un volumen miofibrilar reducido¹⁷. El aumento de la sección transversal a través de una hipertrofia miofibrilar se da por un incremento en la cantidad de elementos contráctiles de actina y miosina de cada fibra muscular.

Los ejercicios isocinéticos son los que se realizan a una velocidad constante y programable. En la vida cotidiana y en las actividades físico-deportivas es prácticamente imposible conseguir que la velocidad de ejecución de un movimiento, a través de un eje articular, sea constante, por lo que es necesario un instrumento específico que permita su ejecución¹⁸.

La resistencia que es capaz de vencer un músculo depende de la fuerza que realice, de su grado de contracción previo y de la posición de la articulación. Al realizar cualquier movimiento, por ejemplo la flexión del codo desde la extensión completa, la fuerza global que puede realizarse va a cambiar según la posición de la articulación, de tal forma que existen unos ángulos más favorables que otros. Cuando la resistencia a vencer es constante y se pide que el sujeto realice la máxima fuerza que sea capaz, se obtienen distintas velocidades durante el movimiento. En las posiciones de más eficacia el movimiento es más rápido y en las más desfavorables es más lento. Esto da lugar a que a mayor fuerza, mayor velocidad y permite dibujar una curva de velocidad-posición angular. Al realizar un ejercicio contra-resistencia, a lo largo de un rango de movimiento establecido, se podrá completar todo el movimiento cuando la resistencia sea ligera. Si se va aumentando progresivamente la carga llegaremos a una situación en la que la masa a desplazar supere la fuerza que el músculo es capaz de desarrollar en los ángulos más desfavorables con lo que ya no se podrá mover. Por ello, los ejercicios dinámicos tienen limitada la carga a desplazar por la fuerza máxima que se puede realizar en la zona menos favorable para ejercer fuerza; es decir la máxima carga dinámica depende de la zona más débil del movimiento. Si queremos que un músculo realice una contracción dinámica con la máxima fuerza de la que sea capaz observamos que existen zonas del rango de movimiento en la que dicho músculo no ejerce todo su potencial de fuerza ya

que se encuentra limitado por las zonas más débiles. Para conseguir este objetivo se podría realizar el ejercicio con resistencias variables, de tal forma que en las zonas más favorables estas sean mayores que en las menos favorables. Así el músculo consigue el máximo efecto externo en todo el rango de movimiento. Para realizar un ejercicio a velocidad constante (isocinético) es necesario oponer una resistencia variable al movimiento que se ejecuta. Esta resistencia será mínima en las zonas del movimiento en la que el músculo es más débil y mayor cuanto más fuerza se puede realizar. Por ello se dice que la resistencia que aplica el dinamómetro se adapta a la fuerza del sujeto. Los dinamómetros isocinéticos una vez que se fija la velocidad esta permanece constante, independientemente de la fuerza que realice el sujeto. Cuando el sujeto realice una fuerza que pudiera ocasionar una mayor velocidad que la seleccionada, el dinamómetro aumenta la resistencia para que actúe como freno y se mantenga la velocidad estable. Si se desarrolla menos fuerza que la necesaria para mantener el movimiento a la velocidad establecida, el aparato disminuye la resistencia y “ayuda” a mantener la velocidad. Asimismo los dinamómetros isocinéticos permiten corregir el efecto de la gravedad, en los movimientos que se hacen a favor de la misma se resta su acción oponiendo una resistencia equivalente al peso del segmento móvil y de los suplementos mecánicos a él unidos y en los movimientos que se hacen en contra de ella se “ayuda” corrigiendo la penalización que supone el desplazar la masa en contra de la gravedad¹⁹.

Un equipo de dinamometría isocinética lo forman varios componentes:

- a. El dinamómetro formado por un brazo de palanca móvil y un dispositivo que actúa como sensor de la fuerza ejercida.
- b. Un asiento regulable que puede adoptar diversas posturas y permite situar al deportista en la posición más adecuada para el ejercicio que va a ejecutar.
- c. Un monitor y un teclado de ordenador con los que se visualizan los resultados, se introduce información al ordenador y se controlan las variables del ejercicio.
- d. Un ordenador con los programas de control del dinamómetro y con los archivos de la información obtenida en cada prueba, incluyendo los datos referentes a la posición de paciente, características del ejercicio y sus resultados.
- e. Soportes y accesorios que permiten adaptar y ajustar el brazo de palanca del dinamómetro a la articulación a estudiar.

La fuerza producida por los músculos del sujeto va a generar un momento torsional, que expresa el producto de la fuerza ejercida por la distancia desde el eje del movimiento (eje de la articulación) al punto de aplicación de la resistencia (colocación del sensor del dinamómetro). Sus unidades en el Sistema Internacional son el Newton/metro.

Para la realización de cualquier ejercicio isocinético, una vez colocado el paciente o deportista sobre la máquina, hay que fijar los siguientes parámetros:

1. El rango de movimiento.
2. La velocidad de trabajo.
3. El tipo de ejercicio (concéntrico o excéntrico).
4. La forma de realización (continua o contracción a contracción).

5. Las características globales del ejercicio (intensidad, repeticiones, pausas, etc.).
6. Otras modalidades.

El ejercicio isocinético puede ser utilizado para cuantificar la capacidad de un grupo de músculos para generar una fuerza o momento torsional y como modalidad de ejercicio para restablecer el nivel de fuerza prelesional de un grupo muscular o iniciar un programa de potenciación. El desarrollo de la Medicina del Deporte, de la Rehabilitación y la Fisioterapia han ido paralelos a la objetivación y cuantificación de los distintos aspectos del rendimiento humano. La medida de la fuerza muscular es una forma de evaluar la efectividad de los programas de rehabilitación y entrenamiento y la dinamometría isocinética es un buen método para ello.

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

- a. Velocidad de movimiento: velocidades lentas (hasta 60°/s). Velocidades rápidas (mayores a 180°/s).
- b. Rango de movimiento: establecido para cada articulación y movimiento. Limitado por la patología específica.
- c. Tipo de contracciones: concéntrica. Excéntrica.
- d. Ritmo de trabajo: continuo. Sobrepuesto o contracción a contracción.

Las magnitudes físicas empleadas en dinamometría isocinética son las siguientes:

- Fuerza (newton): Es el producto de la masa desplazada por la aceleración adquirida. Es lo que realmente hace el músculo. Cuando la fuerza se realiza a lo largo de un eje de rotación. Es el momento torsional e indica el resultado externo.
- Momento (newton x metro)
- 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.
- Potencia (vatios): 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 esta 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 permite 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)²⁰.

Consideramos que una valoración isocinética es normal cuando se cumplen todos y cada uno de los siguientes criterios:

- La curva de trabajo excéntrico debe envolver a la del trabajo concéntrico, para un mismo grupo muscular, velocidad de movimiento y rango articular.
- La morfología de las curvas deben ser similares a la "tipo".
- Las diferencias bilaterales, o entre dos exploraciones distintas, serán inferiores al 10%.
- Los momentos máximos del trabajo concéntrico son menores en las velocidades más altas.
- La relación agonistas/antagonistas depende de la velocidad de ejecución, de tal forma que a velocidades más altas la relación tiende a la unidad. Cuando no se cumpla alguno de estos criterios estamos ante una alteración y hay que establecer la correlación clínico-isocinética para establecer su significado e importancia²¹.

Con el objeto de determinar el torque máximo en jugadores profesionales de fútbol asociación, durante la pretemporada, Toluca, México 2010, se diseñó el presente estudio.

Materiales y métodos

Estudio transversal, descriptivo, observacional, en jugadores profesionales de fútbol asociación, durante los últimos 5 años, al inicio de la pretemporada. En la evaluación de cada uno de los futbolistas, se realizó primero una evaluación clínica por el personal médico del centro de medicina de la actividad física y el deporte, mediante la realización de la historia clínica-deportiva. Se informó al atleta en qué consistía la prueba así como los riesgos y beneficios de la realización de la misma y se solicitó al atleta la firma del consentimiento informado para poder realizar la evaluación. Todos los jugadores realizaron calentamiento de 10 a 15 min. Previo a la realización de la evaluación, se colocaron en posición sedente acorde a las especificaciones de la compañía Con-trex 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 rotación de la rodilla con el eje mecánico del dinamómetro, se establecieron los arcos de movilidad de forma individual de acuerdo 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 que posteriormente los jugadores tenían que ejecutar, esto con la finalidad de familiarizar al futbolista con el tipo de movimiento a realizar y la obtención de la confianza de parte del futbolista hacia el equipo de evaluación.

El pico torque concéntrico del cuádriceps e isquiotibiales se midió en ambas extremidades del tren inferior, usando el dinamómetro Con-trex con una velocidad angular de 120° / seg. El protocolo de prueba consistió en realizar 3 sesiones de esfuerzo concéntrico máximo en 8,6 y 5 repeticiones (flexión y extensión) en cada una de las velocidades con 1 minuto de recuperación entre cada sesión, los jugadores fueron instruidos para trabajar tan duro como fuera posible

en ambas direcciones de movimiento. Durante la realización de la evaluación se motivó a los atletas mediante apoyo verbal con la finalidad de obtener un mayor pico de torque. El procedimiento de inició con la extensión de la rodilla y finalizó con la flexión de la misma.

Se recopilaron y analizaron todos los resultados obtenidos de la evaluación isocinética de los jugadores profesionales de fútbol asociación en Excel y se procesaron en paquete estadístico SPSS versión 15. Para el procesamiento estadístico por ser un estudio descriptivo, se utilizaron pruebas estadísticas como medidas de tendencia central, de dispersión, porcentajes y razón.

Resultados

Se estudiaron 43 jugadores, la posición en el equipo, el miembro dominante y los resultados de extensores y flexores se muestran en la tabla 1.

Una de las variables a estudiar fue el torque máximo a la flexión y extensión de acuerdo a la edad, dentro de ellos se encontró que la edad mínima fue de 17 años cumplidos y la máxima de 35 años, el promedio para la edad fue de 22.2 años, el mayor torque desarrollado fue realizado por el sujeto 4 a la edad de 26 años con 290.7 nm., a la extensión izquierda, mientras que el sujeto 16 logro el mayor torque a la flexión con 228.8 nm., a la flexión izquierda, el menor torque desarrollado fue de 100.7 nm, a la flexión derecha, por parte del sujeto 36, la desviación estándar para la edad fue de +/- 4.7 años, la edad en la cual se encontraron los torque mayores fue a los 26 y 23 años con 2 jugadores en cada edad (fig. 1).

Dentro del grupo evaluado, se determinó el torque máximo desarrollado de acuerdo al lado predominante, siendo el mayor torque obtenido 289.3 nm., a la extensión derecha y 290.7 nm., a la extensión izquierda cabe resaltar que el sujeto 4 es derecho pero desarrollo un mayor torque en la pierna menos dominante, esto debido a una menor coordinación intermuscular, pero a un mayor reclutamiento de fibras para compensar la falta de dicha capacidad, mientras que a la flexión derecha el mayor torque desarrollado fue de 225.7 nm., y 228.8 nm a la flexión izquierda, en un jugador con predominancia distinta a la cual se obtuvo el mejor resultado, la moda fue el lado derecho con un total de 28 jugadores predominantemente derechos y 15 predominantemente izquierdos, el promedio a la extensión fue 210.2 nm., a la extensión derecha y 209.7 nm a la extensión izquierda, mientras que a la flexión derecha fue 152.5 nm. Y de 149.1 nm a la flexión izquierda, siendo este último el promedio más bajo, mientras que el lado más dominante fue la extensión derecha. Dentro de los jugadores evaluados cabe señalar que aunque su predominancia sea derecha o izquierda, al ser jugadores profesionales, están obligados dentro del fútbol actual a trabajar ambas piernas, puesto que en el fútbol de antaño se permitía tener jugadores netamente derechos o izquierdos (fig. 2).

En el presente comparativo de torque máximo promedio por posición concluimos que los porteros obtuvieron un torque máximo mayor a la extensión en ambas piernas con un promedio de 241.6 nm a la extensión en pierna derecha y 236.8 nm a la extensión en pierna izquierda, mientras que a la flexión derecha desarrollaron 163 nm y 161.7 nm a la

flexión izquierda, los defensas desarrollaron el segundo mayor torque con 217.5 nm a la extensión derecha y 222.3 a la extensión derecha, a la flexión derecha obtuvieron 156.8 nm y a la flexión izquierda 152.1 nm, los que desarrollaron menor torque fueron los medios con 197.7 nm a la extensión derecha, 198.2 a la extensión izquierda, igualmente lograron el menor torque a la flexión con 144.1 a la flexión derecha y 140.5 a la flexión izquierda, este mayor torque en los porteros y defensas se debe a el tipo de entrenamiento y las características de sus posiciones, en las cuales el tipo de entrenamiento y ejercicio es mayormente anaeróbico (fig. 3).

Discusión

En lo que respecta al planteamiento del problema el torque máximo determinado en jugadores profesionales de fútbol

asociación fue de 290.7 Nm., a la extensión en pierna izquierda, 289.3 Nm., a la extensión en pierna derecha, 228.8 Nm., a la flexión en pierna izquierda y de 225.7 Nm., a la flexión en pierna derecha.

El promedio 209.6 Nm a la extensión derecha, 209.2 Nm a la extensión izquierda, 152.1 Nm a la flexión derecha, 148.3 Nm a la flexión izquierda fueron los mayores torques desarrollados. Mientras que los valores absolutos fueron 290.7 Nm a la extensión izquierda y 289.3 a la extensión derecha, a la flexión los valores obtenidos son los siguientes, 228.8 Nm a la flexión izquierda y 225.7 a la flexión derecha. Con esto se concluye que la hipótesis es correcta, el torque desarrollado en la mayoría de los jugadores fue mayor a 150 Nm a la extensión mientras que a la flexión izquierda el promedio no alcanzo los 150 Nm., se sugiere un mejor entrenamiento de fuerza para prevención de lesiones.

El torque máximo a la extensión por posición fue de 290.7 Nm, desarrollado por un portero, siendo estos los que obtuvieron

Tabla 1 Tabla General

	EXT. DER.	FLEX. DER.	EXT. IZQ.	FLEX. IZQ.	DOM	EDAD	POSICIÓN
S1	189.8	158.3	202.1	153.4	IZQ.	20	PORTERO
S2	240.3	144.8	227.1	121.4	IZQ.	22	PORTERO
S3	247	147.3	227.6	166.5	DER.	21	PORTERO
S4	289.3	201.6	290.7	205.6	DER.	26	PORTERO
S5	209.9	136.6	233.3	130.3	DER.	20	DEFENSA
S6	213.2	163.1	191.6	121.7	DER.	21	DEFENSA
S7	180.1	129.3	208	136.4	DER.	21	DEFENSA
S8	239.5	183	270.8	182.6	DER.	21	DEFENSA
S9	219.5	139.6	223.5	181.5	IZQ.	19	DEFENSA
S10	199.6	149.6	214.4	136.2	DER.	19	DEFENSA
S11	189.1	118	203.6	123.7	IZQ.	23	DEFENSA
S12	248.1	153.6	244.3	169.2	DER.	23	DEFENSA
S13	221.8	153.8	232.5	147.2	IZQ.	21	DEFENSA
S14	263.4	198.7	224.5	148.3	DER.	17	DEFENSA
S15	214.1	154.9	214.4	137.7	DER.	33	DEFENSA
S16	268.2	225.7	276.2	228.8	DER.	26	DEFENSA
S17	161	133.4	153.3	134.7	DER.	26	DEFENSA
S18	203.1	164.3	221.4	167	DER.	20	MEDIO
S19	190.6	122.7	202.3	143	IZQ.	20	MEDIO
S20	214.5	132.7	206.3	125.9	DER.	21	MEDIO
S21	199.5	161.9	204.1	163.3	DER.	18	MEDIO
S22	200.8	143.5	188.1	141.3	IZQ.	21	MEDIO
S23	169.9	170.1	164.6	142.9	IZQ.	20	MEDIO
S24	216.8	195.5	254.7	153.6	DER.	19	MEDIO
S25	239.3	156.7	252.1	168.7	IZQ.	20	MEDIO
S26	225.6	149.1	182.5	133.5	DER.	22	MEDIO
S27	216.4	155.8	196.8	144.3	DER.	20	MEDIO
S28	213.7	154.8	226.8	132.9	DER.	18	MEDIO
S29	199.8	141.5	211.7	146.3	DER.	20	MEDIO

S30	162.3	111.1	153.9	116	IZQ.	29	MEDIO
S31	163.5	100.7	167.2	105.6	DER.	31	MEDIO
S32	206.1	145.6	204.8	154.7	DER.	31	MEDIO
S33	164.1	113.1	164.5	135	IZQ.	22	MEDIO
S34	176.2	130.8	168.1	116.1	DER.	35	MEDIO
S35	176.7	163.9	169	152.6	DER.	20	DELANTERO
S36	183.2	166.1	178.4	145.6	IZQ.	18	DELANTERO
S37	210.8	140.5	180.9	161.6	DER.	19	DELANTERO
S38	213.4	148.3	217	165.1	IZQ.	19	DELANTERO
S39	219.1	146.2	216.5	145.9	DER.	18	DELANTERO
S40	200.6	141	171	137	IZQ.	18	DELANTERO
S41	194.6	143.8	200.1	156.9	IZQ.	19	DELANTERO
S42	236.8	176.1	240.3	146.3	DER.	25	DELANTERO
S43	220	173.1	212.9	151.6	DER.	31	DELANTERO
MAX.	289.3	225.7	290.7	228.8	NA	35.0	
MIN.	161.0	100.7	153.3	105.6	NA	17.0	
MEDIA	209.6	152.1	209.2	148.3	NA	22.2	
MEDIANA	225.1	163.2	222.0	167.2	NA	26.0	
MODA	199.0	153.0	214.4	136.0	DER.	20.0	
SD	30.9	26.8	33.9	25.9	NA	4.7	

Fuente: directa

un mayor promedio 241.6 Nm, se sugiere continuar con el entrenamiento de fuerza en los porteros, debido a que ellos son los que realizan los lanzamientos más largos dentro del fútbol, además que esto favorece a un menor riesgo de lesión.

Los defensas desarrollaron un mayor torque a la flexión con 228.8 Nm, el cual lo determino un solo jugador, mientras que el promedio a la flexión lo obtuvieron los porteros con 163 Nm., por lo tanto el resto de los defensas deben fortalecer aún más para disminuir el riesgo de lesión, es importante dar seguimiento al jugador que realizó el mayor torque a la flexión y así evitar que este entre en un desbalance muscular, ya que debe existir una relación de 3 a 1 con respecto a los músculos del cuádriceps.

Dentro de la población de 43 jugadores profesionales de fútbol evaluados, otra de las variables estudiadas fue: el

torque máximo de acuerdo a la edad, siendo este mayor en un rango de 23 a 26 años de edad, por lo tanto se deduce que la edad optima en la cual se desarrolla un mayor torque oscila entre los 23 a 26 años, también se observó que los jugadores de mayor edad presentaron un menor torque, por lo tanto en los jugadores mayores a 26 años de edad se debe hacer hincapié en el fortalecimiento de tren inferior.

La última variable estudiada fue la determinación del torque máximo de acuerdo al lado predominante, en este no se encontraron diferencias significativas entre los extensores, más sin embargo en los flexores la diferencia fue mayor, sin ser muy diferentes, por lo tanto se sugiere seguir trabajando a la par, el tren inferior en el fútbol, esto permitirá un mejor desempeño dentro del terreno de juego y una mejor ejecución de los movimientos.

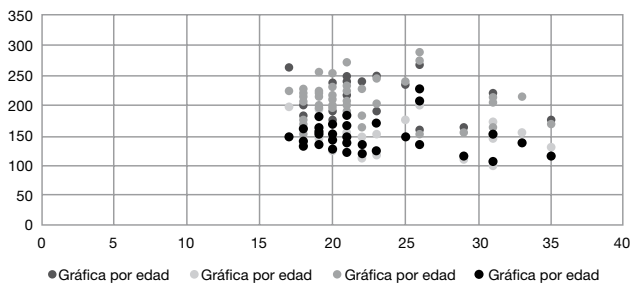


Figura 1 Torque máximo por edad.

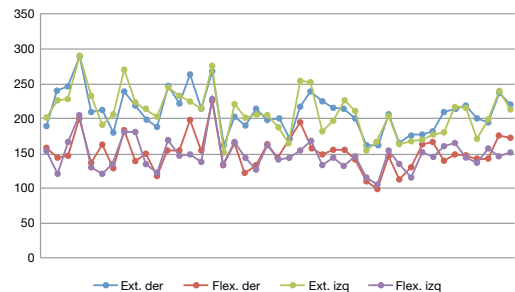


Figura 2 Torque máximo de acuerdo a predominancia en pierna

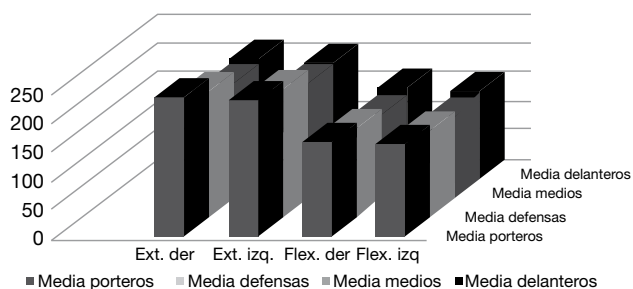


Figura 3 Media de torque máximo por posición de juego.

Financiamiento

No existió financiamiento para la realización del proyecto.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

Bibliografía

- Martínez González-Moro I. Generalidades sobre la dinamometría isocinética, Recursos y documentación sobre fitness y salud 2006;43:1-14.
- Ortiz V, Gue N, Navarro J.A, et al. Entrenamiento de fuerza y explosividad para la actividad física y el deporte de competición. Ed. 2ª Barcelona: Inde; 1996:17-51.
- González JJ, Gorostiaga E. Fundamentos del entrenamiento de la fuerza, 3ª Ed. Barcelona: Inde; 2002:19-23.
- Enoka RM. Muscle strength and its development: new perspectives. Sports Med. 1988;6:146-168.
- Bosco C. La fuerza muscular. Aspectos metodológicos. Barcelona: Inde; 2000:23-78.
- Grosser M, Müller H. Desarrollo muscular. Un nuevo concepto de musculación. Barcelona: Hispano Europea 1989:21-32.
- Harman E. Strength and Power: a definition of terms. NSCA Journal. 1993;15:18-20.
- Knutgen HG, Kraemer WJ. Terminology and measurement in exercise performance. J Appl Sport Sci Res. 1987;1:1-10.
- Kroemer KHE. Assessment of human strength for engineering purposes: a review of the basis. Ergonomics. 1999;42:74-93.
- Ito M, Kawakami Y, Ichinose Y, et al. Nonisometric behaviour of fascicles during isometric contractions of a human muscle. J Appl Physiol. 1998;85:1230-1235.
- Komi PV, Vitassalo J, Rauramaa R, et al. Effect of isometric strength training of mechanical, electrical and metabolic aspects of muscle function. Eur J Appl Physiol. 1978;40:45-55.
- Siff M. Applications of electrical electrostimulation in physical conditioning: a review. J Appl Sports Sci Res. 1990;4:20-26.
- González LM, Querol F, Gallach JE, et al. Force fluctuations during the maximum isometric voluntary contraction of the quadriceps femoris in haemophilic patients. Haemophilia 2007;13:65-70.
- Zastsiorsky VM. Intensity of strength training. Facts and Theory: Russian and Eastern European Approach. Natl Strength Cond Assoc J. 2006;14:46-57.
- Billeter R, Hoppeler H, Muscular basis of strength. Strength and power in sports. London: Blackwell Scientific Publication 1992:39-63.
- Hortobágyi T, Taylor JL, Petersen NT, et al. Changes in segmental and motor cortical output with contralateral muscle contractions and altered sensory inputs in humans. J Neurophysiol. 2003;90:2451-2459.
- Thorstensson A, Hultén B, vonDöbein W, et al. Effect of strength training on enzyme activities and fiber characteristics in human skeletal muscle. Acta Physiol Scand. 1976;96:392-398.
- Dons B, Bollerup K, Bonde-Petersen F, et al. The effect of weight-lifting exercise related to muscle fiber composition and muscle cross-sectional area in humans. Eur J. Apply Physiol. 1979;40:95-106.
- McComas AJ. Human neuromuscular adaptations that accompany changes in activity. Med. Sci Sports Exerc. 1994;26:1498-1509.
- Phillips SM. Short-term training: when do repeated bouts of resistance exercise become training?. Can J. Appl Physiol. 2000;25:185-193.
- Caiozzo VJ, Perrine JJ, Edgerton VR, Training induced alterations of the in vivo force-velocity relationships of human muscle. J. Appl Physiol. 1991;5:750-754.