



CORRELACIÓN ENTRE PRUEBA ISOCINÉTICA Y TEST DE POTENCIA ANAERÓBICA Y AGILIDAD

Pavel Loeza Magaña¹

Wolfgang Fritzler Happach

Joaquín Barrios González

Resumen

La fuerza, la potencia y la coordinación se encuentran entre las capacidades más requeridas para la práctica del fútbol. La Isocinesia es un sistema de evaluación informática y robótica para obtener y procesar en datos cuantitativos la capacidad muscular. La potencia anaeróbica es aquella capacidad de producir fuerza y velocidad a partir de sistemas energéticos no dependientes de oxígeno. Se trata de un estudio longitudinal, observacional, con una fase descriptiva y una fase comparativa, prospectivo y abierto, cuyo objetivo fue correlacionar valores isocinéticos en cadena cinética cerrada en miembros pélvicos con la potencia anaeróbica, así como con un protocolo de cambios de dirección al inicio y final de la temporada.

Se evaluaron 16 jugadores de entre 17 y 21 años, quienes realizaron una prueba isocinética en cadena cerrada y las pruebas de cambios de dirección SPARQ y Wingate, al inicio y final de la temporada.

Los resultados obtenidos se correlacionaron entre sí. Las pruebas SPARQ y Wingate no tuvieron correlación con otras pruebas. La potencia pico y potencia media, la potencia pico y fatiga y la potencia media y fatiga (Wingate) tuvieron una muy alta correlación. Entre la

¹ Primer lugar del área Ciencias aplicadas, categoría abierta, en el Certamen Nacional de Investigación en Cultura Física y Deporte 2014. Seudónimo Ansaloga. doctor.pavel@hotmail.com. Instituciones: Clínica Cerebro y Universidad del Fútbol y Ciencias del Deporte.

potencia pico y la fuerza de los extensores no dominantes y entre la potencia media y flexores no dominantes existió una correlación en la segunda medición.

Conclusión: para la realización de una prueba isocinética se utiliza coordinación, fuerza y potencia, pero no puede decirse que esta prueba sea equivalente a las realizadas en campo sino un elemento de diagnóstico diferente.

Palabras clave: Isocinéticos, potencia anaeróbica, agilidad, fuerza, cadena cinética cerrada.



Sistema de evaluación para obtener y procesar en datos cuantitativos la capacidad muscular



Para la realización de una prueba isocinética se utiliza coordinación, fuerza y potencia



Abstract

The strength, power and coordination are among the most required skills for the practice of soccer. The Isokinetics is a system of computer science and robotics and process evaluation to obtain quantitative data on muscle capacity. Anaerobic power is this ability to produce strength and speed from non-oxygen dependent energy systems. This is an observational longitudinal study with a descriptive phase and a comparison phase, prospective, open aim was to correlate values isokinetic closed kinetic chain in pelvic limbs with anaerobic power and agility with a protocol at the beginning and end season. 16 players between 17 and 21 years were evaluated, held a closed chain isokinetic testing, and evidence of changes in direction and Wingate SPARQ at the beginning and end of the season. The results are correlated with each other. Results: SPARQ and Wingate tests were not correlated with other tests. The peak power and average power, peak power and average power and fatigue and fatigue (Wingate) had a very high correlation. Between the peak power and the strength of the non-dominant extensors, and between the non-controlling average power and flexor a correlation existed in the second measurement.

Conclusion: to perform an isokinetic test coordination, strength and power is used but can not be said that this test is equivalent to those in the field, but an element of different diagnosis.

Keywords: Isokinetic; Anaerobic power; agility; force; closed kinetic chain.

Introducción

Planteamiento del problema

La evaluación isocinética es un método biomecánico de la fuerza empleada desde la década de 1960 en el campo de la medicina deportiva; sin embargo, el predominio de ésta ha sido en movimientos uniaxiales y con un solo grupo muscular a la vez. Con los métodos isocinéticos se puede valorar la potencia muscular, pero no existe en la literatura una relación entre la potencia isocinética y los métodos habituales de evaluación de potencia de tipo anaeróbico (como es el ejercicio de fuerza), por lo mismo se desconoce si esta

medición es equivalente o tiene relación estrecha (Huesa, García, Vargas, 2005).

Asimismo, para la realización de un ejercicio isocinético se requiere coordinación intramuscular e intermuscular en el miembro valorado (Dvir, 2004). Una forma de evaluar en campo esta coordinación es con las pruebas de agilidad, ya que requieren cambios de dirección en una velocidad establecida en un corto periodo. Nuevamente encontramos carencia de información acerca de la relación que puede existir entre una evaluación isocinética y una de cambios de dirección.

Teniendo en cuenta lo anterior, es pertinente resolver la siguiente interrogante científica: ¿Cuál es la correlación que existe entre valores isocinéticos en cadena cinética cerrada de miembros pélvicos en futbolistas jóvenes con el protocolo Wingate de potencia anaeróbica y la prueba de cambio de dirección SPARQ, en los periodos de preparación y de competencia?

Propósito

Este estudio propone correlacionar valores isocinéticos en miembros pélvicos con la potencia anaeróbica, así como con un protocolo de cambios de dirección, los cuales son ejercicios propios del entrenamiento del futbolista (Nike, 2009; Hernández, 2000) al inicio y final de la temporada. Estas correlaciones permitirán conocer si la prueba que se está proponiendo es equiparable a las que ya se conocen y saber si se están empleando capacidades condicionales diferentes para su ejecución o depende de otras diferentes, para así determinar si la potencia anaeróbica o la coordinación/agilidad pueden ser evaluadas por otro método, como el isocinético.

La correlación entre la fuerza muscular isocinética y la potencia muscular es importante debido a la ley de Hill: a mayor velocidad, menor desarrollo de fuerza (López, 2006), para lo cual se deberá buscar un punto intermedio en la realización de ambas con el mayor rendimiento físico posible, ya que son dos parámetros de importancia para el desarrollo del fútbol, la potencia y la fuerza. Es por eso que se debe correlacionar la medición de fuerza, potencia y trabajo en la medición isocinética con un protocolo estándar para el desarrollo de potencia anaeróbica, así como con una prueba de campo de agilidad.

El estudio se realizó con equipos de valoración isocinética modelo CSMI HumacNorm, cicloergómetros Sci – Fit ISO1000 para la realización de potencia anaeróbica y en campo la prueba SPARQ. Los futbolistas jóvenes correspondieron a jugadores de la segunda división profesional del Club Pachuca. Las mediciones se realizaron en la Clínica Cerebro, en la Ciudad de México.

Fundamento teórico

Dentro de las capacidades condicionales, la fuerza, la potencia y la coordinación se encuentran entre las más requeridas para la práctica



Dato

Para la realización de un ejercicio isocinético se requiere coordinación intramuscular e intermuscular en el miembro valorado





Cadena Cinética Cerrada (CCC)

Movimiento que requiere de esfuerzos multiarticulares



Potencia anaeróbica

Capacidad de producir fuerza y velocidad a partir de sistemas energéticos no dependientes de oxígeno



del fútbol. Kutlu, Yapıcı, Yoncalık, Çelik (2012) menciona que la agilidad, aceleración, cambios de dirección, deceleración y sprints son habilidades propias de la práctica del fútbol. La opinión es compartida por autores como Little y Williams (2005) y Sporiš, Milanovic Trajkovic y Joksimovic (2011). Existen diferentes pruebas para la evaluación de las mismas, cada una específica para la capacidad valorada, como cambios de dirección, prueba Yo-yo, test de sprint de 10 m, SPARQ, etcétera (Kutlu, et al 2012; Little, Williams, 2005). Éstas permitirán conocer el estado del deportista con fines de entrenamiento dirigido a la mejoría específica de una condición.

La Isocinesia es un sistema de evaluación que utiliza la tecnología informática y robótica para obtener y procesar en datos cuantitativos la capacidad muscular (Huesa, García, Vargas, 2005). Los parámetros pueden ser medidos con un movimiento analítico en uno o múltiples ejes (Mikkelsen, Werner, Eriksson, 2000); y dentro de éstos se pueden valorar músculos agonistas y antagonistas de manera alterna, o únicamente el agonista del movimiento, en sentido concéntrico y excéntrico. Los resultados se obtienen en magnitudes físicas, principalmente en términos de fuerza, potencia y trabajo (Dvir, 2004).

La cadena cinética cerrada (CCC) es un movimiento que requiere de esfuerzos multiarticulares (Dvir, 2004), que ha sido descrita como "funcional", propioceptiva y que requiere una menor translación anterior (Stensdotter, et al 2003). Se ha incrementado su uso en la rehabilitación de la rodilla (Graham, Gehlsen, Edwards, 1993).

La potencia anaeróbica es aquella capacidad de producir fuerza y velocidad a partir de sistemas energéticos no dependientes de oxígeno (MacDougall, et al, 1998). Existen diferentes métodos para medirla, casi siempre de manera indirecta, como son: Saltos, sentadillas, pedaleo en bicicleta ergométrica con miembros superiores e inferiores, etcétera. El resultado será reflejo de la capacidad de producir energía a través de sistemas como la fosfocreatina y la glucólisis láctica. Aunque se han creado diversos métodos de medición, no se ha hallado correlación entre sí, quizá esto debido al método de producción de la energía (Nikolaïdis, 2011).

Cadenas cinéticas, dinamometría isocinética, agilidad y potencia anaeróbica

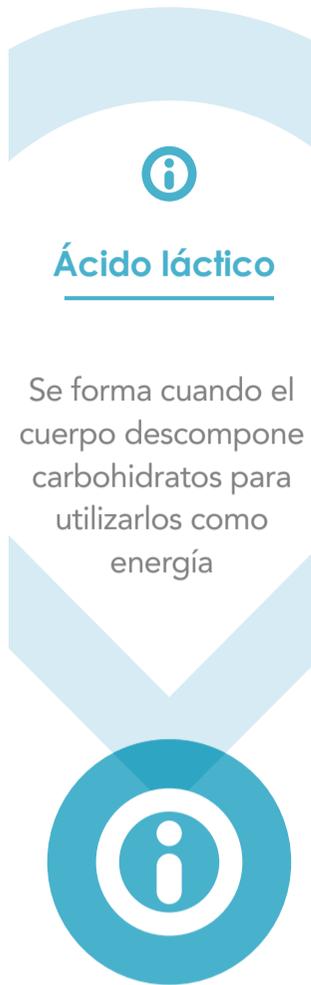
Fisiológicamente, el cuerpo humano tiene momentos de Cadena Cinética Abierta (CCA), como Cerrada (CCC), en actividades diarias o variando durante las fases de la marcha. La CCC ha sido descrita como "funcional", ya que principalmente actúan así los músculos de las piernas durante la actividad diaria. Asimismo, la retroalimentación propioceptiva es mayor en la cadena cerrada, debido a la compresión ejercida en la articulación (Stensdotter, et al 2003). Cabral, de Oliveira, de Camargo, Pasqual (2008) en una revisión, notaron incremento en la fuerza de extensión de la pierna con CCC, mientras que en otro estudio encontró que los ejercicios en CCA producían menor fuerza compresiva a 90° y que rangos menores de 57° eran comparables con la CCC. Stensdotter, et al (2003) demostraron que la activación electromiográfica en el Vasto Medial Oblicuo era mayor en la CCC.

La isocinesia ayuda al reclutamiento de fibras, así como al desarrollo efectivo de la fuerza. De esta forma, disponemos de la posibilidad de realizar el estudio de los grupos musculares agonistas y antagonistas en los diferentes grados de movimiento (Huesa, García, Vargas, 2005). La realización de una prueba isocinética de buena calidad requiere coordinación (Dvir, 2004; Huesa, García, Vargas, 2005) tanto intramuscular para poder generar la fuerza máxima (Barfield, 1998), como intermuscular, ya que el movimiento requiere un cambio fluido en la dirección al final del arco y que durante el trayecto, la relación agonista – antagonista no sea un impedimento debido a cocontracción (Hewett, Myer, Zazulak, 2008).

Partiendo de las definiciones antes mencionadas de potencia anaeróbica de Oded (2004) y Little y Williams (2005) se sabe que existen adaptaciones fisiológicas al entrenamiento anaeróbico: MacDougall, et al (1998), estudiaron los efectos del entrenamiento con el protocolo Wingate durante siete semanas. Se encontraron incrementos significativos en la potencia pico y la actividad de hexokinasa, fosfofructokinasa, citrato sintasa, succinato deshidrogenasa y malato deshidrogenasa, todas las cuales se relacionan con sistemas anaeróbicos. Protocolos de medición de lactato demuestran el incremento del mismo postejercicio anaeróbico, incluso minutos después de finalizado el ejercicio (Caruso, et al, 2009).

Otros estudios han demostrado que la falta de recuperación de la fosfocreatina (PCr) está relacionada estrechamente con la fatiga entre series de ejercicio de fortalecimiento (Blazquez, 2008). Aparentemente un reposo de 3 minutos entre series provee la recuperación adecuada (Cometti, Deley, Babault, 2011). El ejercicio anaeróbico además, puede actuar sobre el potencial regenerativo para nuevas líneas celulares y la diferenciación celular para ejecutar acciones específicas. 20 sujetos 18 – 24 años. La realización de un test intermitente anaeróbico con recuperación adecuada tuvo efectos en líneas celulares (Karakoç, et al 2012).





Ácido láctico

Se forma cuando el cuerpo descompone carbohidratos para utilizarlos como energía

Como ya se mencionó previamente, en el fútbol soccer se producen ejercicios de alta intensidad cada 60 – 90 segundos durante el partido. En una valoración a 939 jugadores entre 16 y 37 años con pruebas de sprint, el de 10 m lo realizaron en promedio 1.53 s; entre 18 y 22 años 1.52 s y fue significativamente mayor entre jugadores de primera división (1.52s) y 3 – 5ta división (1.58 s). La velocidad aumentó a mayor distancia, recorriendo el lapso de 30 – 40 m en 1.13 s (Haugen, Tønnessen, Seiler, 2013). Cuando se compararon futbolistas femeninos de acuerdo a nivel, edad y posición durante 15 años a 194 jugadoras, con pruebas de sprint, las jugadoras de elite fueron 2% más rápidas que las de la primera división y 5% más que las de la segunda, en un sprint de 20 m. Las delanteras fueron 3 – 4 % más rápidas que las mediocampistas y porteras (Haugen, Tønnessen, Seiler, 2012). Ahora, en un trabajo se han descrito variaciones en la potencia muscular según el horario, con picos tempranos y al atardecer.

En el rendimiento anaeróbico existieron picos por la tarde. Se valoraron 20 jugadores entre 17-18 años. Se realizó test Yo-Yo, RSA y Wingate, realizaron las pruebas a las 7:00 y 17:00 hr. En Wingate fueron mayores los valores por la tarde que por la mañana. La potencia pico matutina fue en promedio 10.7, vespertina 11.1; media 8.5 matutina, vespertina 8.7, fatiga 6.8% matutina, 8.5% vespertina (Chtourou, et al, 2012). El protocolo Wingate se realiza para la medición de la potencia anaeróbica y requiere pedaleo con miembros inferiores o superiores durante 30 s, a la máxima velocidad y contra una fuerza constante (Oded, 2004).

Un estudio ha demostrado que el ácido láctico muscular se eleva a niveles extremadamente altos en los primeros 10 seg. de comenzada la prueba, por lo tanto es improbable que el pico de la potencia refleje solamente los procesos alácticos (Piñera, 2009; Wilmore, Costill, 2002). La frecuencia de pedaleo que rinde la potencia promedio más alta durante 30 seg., es aproximadamente de 100 a 110 rpm. Los coeficientes de correlación para pruebas ejecutadas bajo condiciones ambientales estandarizadas han registrado valores entre 0,89 y 0,98, pero son usualmente superiores a 0,94. Ellos tienden a ser algo más altos para la potencia media que para el pico de potencia (Oded, 2004; Piñera, 2009).

En futbolistas entre 15-18 años, se realizaron pruebas de pista con monitorización de frecuencia cardiaca y lactato. El umbral anaeróbico incrementó durante la temporada, principal diferencia entre precompetitivo y postcompetitivo, con la mayor adaptación en el precompetitivo. Los microciclos durante la temporada incluyeron ejercicio aeróbico y sprints (Sliwowski, et al 2013).

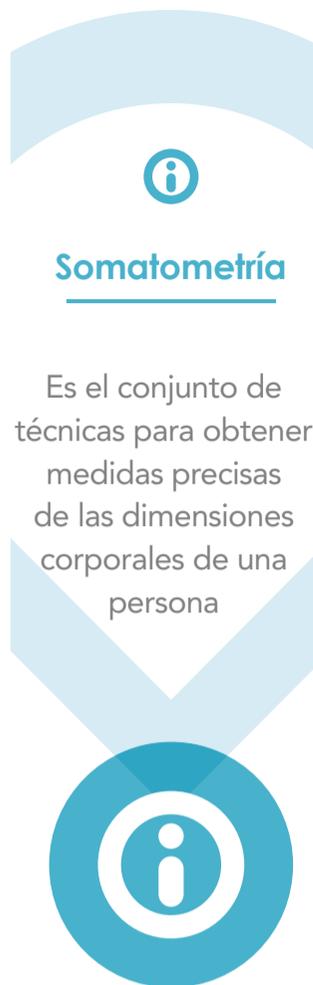
Existe otra investigación donde 217 futbolistas entre 12 – 20 años (96 entre 17 – 21) realizaron el protocolo Wingate. La correlación Pearson entre potencia pico y edad fue $r = 0.71$; y entre edad y potencia media $r = 0.75$. En los grupos entre 17 – 21 años, la potencia pico promedio fue 801.12 W SD (41.41); la potencia media 633.88 W SD (38.1) y el índice de fatiga 42.43% SD (1.98).

Se concluyó que los participantes tuvieron altos niveles de potencia anaeróbica y, a su vez, hubo poca diferencia entre los grupos etarios (Nikolaïdis, 2011). De este modo, ¿el trabajo realizado de manera isocinética se correlaciona con pruebas de coordinación?. Se encontraron

trabajos donde se realizan valoraciones de fuerza, potencia y agilidad (Chtourou, et al, 2012; Chuman, et al 2001; Haugen, Tønnessen, Seiler, 2013; Kutlu, et al 2012; Karakoç, et al 2012; Nikolaïdis, 2011; Aziz, 2004; Sporiš, et al 2011), algunos correlacionan la potencia anaeróbica medida con protocolo Wingate y una prueba de agilidad, encontrando baja relación entre sí (Chuman, et al 2011; Karakoç, et al 2012; Kutlu, et al 2012), Nikolaïdis (2011) incluso reporta valores promedio obtenidos en un protocolo Wingate, habiendo estudiado 217 futbolistas entre 12 – 20 años; sin embargo, no correlacionó ésta con la fuerza ni las pruebas de agilidad. Se ha buscado desarrollar nuevos test para medir carrera, trote y agilidad en cambios direccionales, así como en tiros. Un programa incluyó a 113 jugadores amateur y profesionales, que realizaron una prueba propuesta por los autores, con las características anteriores, en 3 ocasiones, con una correlación de .88. Se compararon a su vez la capacidad anaeróbica utilizando el test Wingate, la prueba T-drill, Illinois y zigzag para comparar los cambios direccionales. La prueba desarrollada combina cambio de dirección, deceleración y disparo. La correlación entre el test desarrollado y el T-drill fue de 0.94, y por otro lado el test desarrollado y el protocolo Wingate demostraron ser atributos independientes con (r) 0.18. (Kutlu, et al 2012). Igualmente 25 jugadores sub 16, realizaron pruebas de 10 m, 30 m, 20 m, zigzag y zigzag con balón.



El test de agilidad con balón no mostró diferencia significativa con velocidad mientras que el de agilidad sin balón se correlacionó poco con el sprint de 10 m (Sporiš, et al 2011). En 106 jugadores profesionales se evaluó sprint 10 m (aceleración), 20 m (velocidad máxima) y zigzag (agilidad). La correlación entre cada una fue baja, concluyendo que las 3 son cualidades específicas no relacionadas y que se debe estudiar cada componente por separado (Little, Williams, 2005). Hay más correlaciones que incluyen protocolo Yo-Yo, Wingate y VO₂max en banda sin fin. Los resultados Yo-Yo correlacionaron con VO₂max pero no con Wingate en U-17; mientras que en U-13 correlacionaron significativamente con Wingate (r = 0.64). Esto se relaciona con que



Somatometría

Es el conjunto de técnicas para obtener medidas precisas de las dimensiones corporales de una persona

la madurez corporal aeróbica y anaeróbica se define en diferentes momentos (Chuman, et al 2011). El test llamado Habilidad de Sprints de Carrera repetida (rRSA) y la potencia media por Wingate tienen un coeficiente de correlación modesto. La potencia pico obtenida por Wingate fue de 757 ± 108 , la potencia media 539 ± 56 , y el índice de fatiga 48 ± 9 . La potencia pico sí tiene alta correlación con el máximo sprint (Aziz, 2004).

Por otra parte, existe poca información obtenida a partir de dinamometrías isocinéticas en CCC, complicándose un poco más si se trata de futbolistas profesionales. Liebensteiner, et al (2012) realizó un estudio en CCC, en modo excéntrico, a una velocidad de 0.2 m/s; sin embargo, no reportó valores referenciales, únicamente verificó la relación de fuerza entre hombres y mujeres. En otro estudio realizado en futbolistas de entre 11 y 15 años, se comprobó la variabilidad de la fuerza según la edad (Degache, et al 2010), pero fue descrito en Cadena Cinética Abierta (CCA).

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Diseño del estudio y muestreo

Se trata de un estudio longitudinal, observacional (no experimental), que cuenta con una fase descriptiva y una fase comparativa, prospectivo, abierto (Sánchez, 2002), realizado en Pachuca, Hidalgo; México, DF; Enero 2013 – Junio, 2013. Se realizó un muestreo intencional, no probabilístico, con un universo de 18 jugadores iniciales de los cuales 2 no concluyeron el estudio, para una muestra final de 16 jugadores del equipo de 2da. División profesional del Club Pachuca. Los 16 jugadores incluidos formaron parte del equipo de 2da. División profesional del Club Pachuca, de género masculino, con una media de edad de 19.18 años (S 1.51), peso 72.15 kg (S 4.73), talla 178 cm (S 4.26), 9 de lateralidad diestra, 7 izquierda. Se procedió a firmar un consentimiento informado el cual se encuentra acorde con la Declaración de Helsinki y obedeciendo al Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la salud, artículo 17, se considera una Investigación con Riesgo Mínimo.

Procedimiento

Al inicio, el día 26 de enero de 2013, el Médico Rehabilitador responsable del proyecto acudió a las instalaciones de la Universidad del Fútbol y Ciencias del Deporte (UFD) donde verificó que los participantes, quienes se encontraron en proceso del periodo de preparación, cumplieran los criterios de inclusión; y teniendo firmada una Carta de Consentimiento bajo Información, se realizó la prueba de campo basada en el protocolo Nike SPARQ (Nike, 2009), consistente en el siguiente protocolo: Se trazó en el campo una línea de 10 yardas (9.1 metros), colocándose un marcador en cada extremo y en la parte central. El participante inició en el centro, en posición neutral, con una cuenta regresiva de 3 segundos, tras la cual, comenzó su movimiento, cubriendo la distancia hacia la derecha (4.57 metros), al llegar a la línea

debió tocar la marca en el suelo, cambiando de dirección de inmediato hasta la otra línea (9.1 metros), repitiendo el toque en el suelo; después regresó a la línea central, con lo que se dio por terminada la prueba, como se observa en la imagen 1 y 2. Tras esta primera medición, el 25 de febrero de 2013, los jugadores acudieron a la Ciudad de México, a la Clínica "Cerebro", donde se realizó el siguiente protocolo, consistente en 3 estaciones: Somatometría – Calentamiento, dinamometría isocinética, potencia aneróbica – enfriamiento.

Primera estación. Se realizó somatometría que incluyó: Peso, Talla, y toma de signos vitales, tras lo cual se inició un calentamiento en Banda sin fin a 5 km/h por 10 min. Inmediatamente, se trasladó a la segunda estación, donde se procedió a la dinamometría isocinética. Para este estudio se utilizó el equipo Isocinético CSMI Humac Norm, con los siguientes ajustes:

Participante en decúbito supino, rango de movilidad en flexión de cadera a 90°, flexión de rodilla 90°, extensión máxima de rodilla -20°, el pie se coloca en el brazo de apoyo, haciendo una sujeción con cinta de velcro de pie y tobillo. El asiento tendrá 40° de rotación, posición delante/atrás 15°, respaldo horizontal 0°. Posición del dinamómetro: Inclinación 0°, rotación 40°, altura nivel 5. Translación del Monorriel en 28. Se realizaron 10 repeticiones a una velocidad de 60°/s, para ambos miembros pélvicos iniciando por el derecho. El coeficiente de variación es el índice que mide el rango de variación de los valores en el número de repeticiones realizadas. Durante la prueba se obtienen gráficas individuales en pantalla, y el examinador deberá ejercer retroalimentación sobre el sujeto, con indicaciones precisas ("¡fuerte!" "¡No se detenga!") buscando mantener el rendimiento durante toda la prueba. Debe existir un coeficiente de variación menor al 10% para considerar que la prueba fue válida. Entre cada medición hubo reposo de un minuto. Con esta medición se obtuvieron valores de fuerza, potencia y trabajo.



Fotografía 1. Dinamometría isocinética

Al término de la dinamometría isocinética existió un descanso de 30 minutos, tiempo de eliminación de ácido láctico (López, 2006); y se realizó el protocolo Wingate (Oded, 2004; Garrido, 2004; Piñera, 2009) en Cicloergómetro Sci – Fit ISO 1000, con programación de



Fotografía 2. Equipo Isocinético CSMI Humac Norm

110 rpm, iniciando con 10 segundos de pedaleo sin carga a dichas revoluciones, tras lo cual se agregó la carga (imagen 5 y 6). Esta carga fue determinada automáticamente por el dispositivo, ya que la programación realizada consistió en la velocidad. El cicloergómetro ajustó dicha resistencia para que el jugador, realizando un esfuerzo máximo, mantuviera la velocidad indicada. El sujeto completó 30 segundos a la misma intensidad de pedaleo, al término de los cuales, se eliminó la carga de forma manual, debiendo permanecer en pedaleo libre por 10 segundos más. La potencia pico se obtuvo como la potencia máxima en los primeros 5 segundos. El promedio de la potencia pico y el último registro de potencia a los 30 segundos determina la potencia media y por medio de la diferencia porcentual entre la potencia pico y la potencia final, se calculó el índice de fatiga. Una vez terminado este procedimiento, el participante realizó 5 minutos de estiramientos estáticos a cuádriceps, isquiotibiales y tríceps sural, con lo que se dio por terminada la primera evaluación del estudio. Posteriormente, el día 08 de mayo de 2013, ya durante la postemporada, acudieron para realizar nuevas valoraciones con el mismo procedimiento y los mismos parámetros que la inicial, con lo que concluyó la parte clínica del estudio.

El análisis de los datos se realizó con los siguientes métodos estadísticos:

- Promedio de los valores (m).
- Desviación estándar (S).
- Correlación de Pearson en la que la significancia fue mayor de 0.48.
- El análisis estadístico se realizó con el programa Microsoft Office Excel 2010 ®.

Para los valores de referencia tomamos en cuenta la media aritmética de los valores de la población y la desviación estándar. Se tomó el valor de la primera medición (pretemporada) y la segunda (postemporada), en las mediciones en las que no hubo diferencia significativa se sumó el total de sujetos analizados (Tabla 1). Cabe mencionar que en los valores de fuerza tanto para extensores como para flexores, se hizo el análisis por dominancia, esto debido a la paridad de diestros y zurdos en nuestra población.

Correlación

La correlación entre las diferentes pruebas se realizó por medio de la prueba Pearson y se estableció la significancia estadística cuando el valor sea mayor de 0.48. Al inicio la prueba SPARQ tuvo correlación significativa con el valor de J extensores derechos (0.53) que se puede relacionar a la pierna de impulso del cambio de dirección, ya que el trabajo representa fuerza y distancia recorrida. Al final ya no la hubo, aunque hay que tomar en cuenta que el tiempo de realización de la prueba también se modificó incrementándose (menor velocidad). La potencia pico y potencia media (0.98, 0.97), la potencia pico y fatiga (0.70, 0.75) y la potencia media y fatiga (0.54, 0.58) tuvieron una muy alta correlación en ambas mediciones, ya que son interdependientes. Entre la potencia pico y la fuerza de los extensores no dominantes, entre la potencia media y flexores no dominantes existió una correlación en la segunda medición (0.56, 0.64, 0.50 respectivamente). Ésta puede ser ocasionada por una adaptación de los músculos al esfuerzo.

En cuanto a la fuerza, los extensores interlado tuvieron correlaciones muy altas (0.76, iniciales, 0.60 final). Llama la atención que la fuerza de los extensores de ambos lados tuvieron una alta correlación con la potencia extensora bilateral (0.78 y 0.65 para derechos, 0.75 y 0.90 izquierdos); sin embargo, en la segunda medición desapareció dicha correlación. Analizando los valores obtenidos, existió una diferencia significativa en la fuerza de los extensores mientras no fue así en la potencia, lo que alteró esa correlación inicial. La fuerza de los extensores dominantes y no dominantes tuvo una correlación alta con el trabajo de extensores izquierdos en las dos mediciones, mientras que en el derecho la hubo al inicio y al final ya no.

La correlación entre la fuerza de flexores en el lado dominante y no dominante fue alta en ambas mediciones, lo que habla del equilibrio interlado existente. En la fuerza de flexores, el lado dominante y el trabajo derecho no tuvieron correlación ni al inicio ni al final, mientras que con el izquierdo y el lado no dominante sí, en ambas mediciones. Con la potencia de los flexores de ambos lados hubo también correlación en las dos pruebas. La fuerza de flexores no dominantes





y la potencia de extensores izquierdos tuvo buena correlación en ambas mediciones; sin embargo, con la potencia de flexores derechos e izquierdos y el trabajo de extensores izquierdos hubo correlación inicial, pero no final. La relación con el trabajo de flexores derechos e izquierdos fue buena en las dos valoraciones.

La potencia de los extensores interlado tuvo una adecuada correlación en las dos mediciones, nuevamente encontrando el equilibrio entre ambas piernas. La potencia de extensores derechos y el trabajo del mismo grupo muscular tuvo una muy alta relación entre las dos pruebas, y fue altamente relacionado a la potencia de flexores derechos en la segunda medición, esto posiblemente explicado por la mejoría en el equilibrio agonista – antagonista del mismo lado. La relación que existió con la potencia flexora izquierda en la segunda valoración puede deberse al azar, ya que estos grupos musculares no están relacionados. En el lado izquierdo la potencia entre flexores y extensores tuvo correlación al inicio pero no al final, pero en la tabla de referencias (tabla 1) notamos que la potencia de extensores no tuvo modificación mientras que la de flexores sí.

Con el trabajo de extensores derechos hubo buena correlación inicial pero no final y en la segunda medición sí hubo relación con la potencia de flexores derechos (incremento bilateral) y con la de flexores izquierdos (equilibrio intermuscular). Con el trabajo de extensores y flexores ipsilaterales hubo buena correlación inicial y al final ya no, pero éste parámetro se modificó en la segunda medición, lo que pudo producir esta falta de relación. En la potencia de flexores derechos se encontró una relación con el trabajo de flexores derechos al inicio pero no al final, notando el mismo fenómeno descrito, lo mismo paso de manera contralateral. El trabajo de extensores derechos e izquierdos tuvieron correlación al inicio y al final (equilibrio interlado), así mismo, con extensores – flexores (equilibrio agonista – antagonista) en ambos lados. Sin embargo, entre extensores izquierdos y flexores derechos hubo relación inicial pero no final, lo mismo se repite con el trabajo flexor derecho e izquierdo, aunque cabe decir que ambos parámetros tuvieron modificaciones temporales. Los valores completos se encuentran en las tablas 2 y 3.

Discusión

Dentro de los datos obtenidos, no encontramos correlación entre la potencia pico o media y los cambios de dirección, contraponiéndose los resultados a lo descrito por Aziz (2004), y coincidiendo con varios autores que han encontrado baja relación (Chuman, et al 2011; Karakoç, et al 2012; Kutlu, et al 2012). Nuevamente, los tamaños poblacionales son distintos en las investigaciones. En diferentes parámetros de fuerza encontramos buena correlación con la potencia y el trabajo isocinéticos, esto entendible ya que la mayoría son elementos interdependientes o existe buen equilibrio entre ambos lados. No existió una correlación entre la potencia isocinética y la potencia anaeróbica, como tampoco la hubo entre la potencia isocinética y los cambios de dirección. Esto habla de que aunque se evalúe potencia y se requiere coordinación intra e intermuscular para la realización de la prueba isocinética, no es una evaluación equiparable a la prueba de agilidad o a un test anaeróbico.

Cabe señalar un punto en este contexto: la prueba realizada isocinética fue únicamente a $60^{\circ}/s$, una velocidad lenta utilizada para valoración de fuerza máxima. La prueba Wingate requiere pedaleo a alta cadencia además de fuerza, 110 rpm, lo que pudiera producir esa ausencia de correlación, explicándolo con la ley de Hill de la relación fuerza – velocidad: una prueba que requiera mayor velocidad, generará menor fuerza y viceversa. Para futuros estudios sugerimos evaluar además $60^{\circ}/s$, una velocidad angular adecuada para medir mayor potencia y fatiga (180 o $300^{\circ}/s$).

Conclusión

Este trabajo deberá considerarse como estudio piloto, pero la prueba propuesta cumple con las características requeridas para la realización de un nuevo test, propuestos por Rodríguez (2007), con la población estudiada se demuestra que es aplicable y que la tabla de valoración aquí presentada es útil para evaluar el rendimiento individual.

Observamos también un incremento en los valores de fuerza tanto flexora como extensora cuando los valores se agrupan por lado dominante y no dominante, por lo que consideramos más adecuado realizarlo así y no solamente derecha – izquierda, o con un valor total sin importar lateralidad como se muestran en algunos trabajos que proponen valores normativos. Dada la baja correlación que existió con las pruebas de campo podemos deducir que para la realización de una prueba isocinética se utiliza coordinación, fuerza y potencia pero no puede decirse que esta prueba sea equivalente a las realizadas en campo sino un elemento de diagnóstico diferente.

La importancia de este trabajo radica en el diseño de la prueba, el sustento teórico en el que se apoya, en que está encaminada a la resolución de una problemática existente y en que se demuestra que es aplicable y útil para evaluación de estos jugadores.



Apéndice



Referencias

- 1Aziz, A. R. (2004). *Correlation between test of running repeated sprint ability and anaerobic capacity by Wingate Cycling in multi-sprint sports athletes*. International Journal of Applied Sports Sciences, 16(1),14-22.
- 2Barfield, W. (1998). *The biomechanics of kicking in soccer*. Clinics in Sports Medicine, 17(4),711-728.
- Butler, R., Southers, C., Gorman, P., Kiesel, K., Plisky, P. (2012). *Differences in soccer players´ dynamic balance across levels of competition*. Journal of athletic training, 47(6),616-620.
- Cabral, C., de Oliveira, A., de Camargo, I., Pasqual, A. (2008). *Physical therapy in patellofemoral syndrome patients: comparison of open and closed kinetic chain exercises*. Acta Ortop Bras, 16,3,180-185.
- Chuman, K., Hoshikawa, Y., Iida, T., Nishijima, T. (2011). *Relationship between Yo-Yo intermittent recovery tests and development of aerobic and anaerobic fitness in U-13 and U-17 soccer players*. Int. J. Sports Health Sci, 9,91-97.
- Dvir, Z. (2004). *Isokinetics. Muscle testing, interpretation and clinical applications*. 2nd ed. USA: Churchill – Livingstone.
- Garrido, R. (2004). *En el Test de Wingate, ¿es adecuado dividir la potencia máxima entre el peso muscular de nuestros deportistas?*, Revista Digital – Buenos Aires – 10,73. Recuperado de: [Http://www.efdeportes.com/](http://www.efdeportes.com/)
- Graham, V. L., Gehlsen, G. M., Edwards, J. A. (1993). *Electromyographic evaluation of Closed and Open Kinetic Chain knee rehabilitation exercises*. Journal of Athletic Training, 28,1,23 – 30.
- Guilhem, G., Cornu, C., Guével, A. (2010). *Neuromuscular and muscle-tendon system adaptations to isotonic and isokinetic eccentric exercise*. Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, 53,319–341. doi:10.1016/j.rehab.2010.04.003.
- Hernández, J. (2000). *Análisis de los parámetros espacio y tiempo en el fútbol sala. La distancia recorrida, el ritmo y dirección del desplazamiento del jugador durante un encuentro de competición*. Educación Física y Deportes, 65,1,32-44.
- Huesa, F., García, J., Vargas, J. (2005). *Dinamometría isocinética*. Rehabilitación (Madr) 39, 6, 288-96.
- Karakoç, B., Akalan, C., Alemdaroglu, U., Arslan, E. (2012). *The relationship between the Yo-Yo test, anaerobic performance and aerobic performance in Young soccer player*. Journal of Human Kinetics, 35,69-79.
- Kutlu, M., Yapıcı, H., Yoncalık, O., Çelik, S. (2012). *Comparison of a new test for agility and skill in soccer with other agility tests*. Journal of Human Kinetics, 33,143-150.
- Liebensteiner, M. C., Platzer, H. P., Burtscher, M., Hanser, F., Raschner, C. (2012). *The effect of gender on force, muscle activity, and frontal plane knee alignment during maximum eccentric leg-press exercise*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 20,510– 516. DOI 10.1007/s00167-011-1567-0
- Little, T., Williams, A. G. (2005). *Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional*



Referencias

soccer players. *J. Strength Cond. Res.* 19(1),76-78.

López, J. (2008). *Fisiología del ejercicio*. 3ra. Ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana. Pp 112 – 119.

MacDougall, J. D., Hicks, A. L., MacDonald, J. R., McKelvie, R. S., Green, H. J., Smith, K. M. (1998). *Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training*. *J. Appl. Physiol*, 84,6,2138–2142.

Mikkelsen, C., Werner, S., Eriksson, E. (2000). *Closed kinetic chain alone compared to combined open and closed kinetic chain exercises for quadriceps strengthening after anterior cruciate ligament reconstruction with respect to return to sports: a prospective matched follow-up study*. *Knee Surg, Sports Traumatol Arthrosc*, 8,337–342.

Nike SPARQ football testing protocols. *Test train complete*. 2009. Recuperado de: <http://www.league lineup.com/mccantsfootball/files/SPARQ%202010%20fooball%20protocols.pdf>

Nikolaïdis, P. (2011). *Anaerobic power across adolescence in soccer players*. *Human Movement*, 12(4),342-347.

Oded, B. (2004), *Test Anaeróbico Wingate*. Revisión. 27/02/2004. Recuperado de: <http://www.sobrentrenamiento.com/PubliCE/Articulo.asp?ida=259&tp=s St>

Piñera, F. (2009). *Deporte: evaluación morfofuncional*. 1ra ed. México: Distribuidora y editora mexicana S.A. de C.V. pp – 276.

Rodríguez, P (2007). *Fuerza, su clasificación y pruebas de valoración*. Universidad de Murcia. Facultad de educación. Disponible en: <http://www.um.es/univefd/fuerza.pdf>

Sánchez, T. (2002). *Guía metodológica para la elaboración de un protocolo de investigación en el área de la salud*. 1ra ed. México. Editorial Prado.

Sliwowski, R., Andrzejewski, M., Wieczorek, A., Barinow-Wojewódzki, A., Jadczak, Ł., Adrian, J., Wieczorek, J. (2013). *Changes in the anaerobic threshold in an annual cycle of sport training of young soccer players*. *Biol. Sport*, 30,137-143 DOI: 10.5604/20831862.1044459.

Sporiš, G., Milanovic, Z., Trajkovic, N., Joksimovic, A. (2011). *Correlation between speed, agility and quickness (SAQ) in elite Young soccer players*. *Acta Kinesiologica*, 5,2,36-41.

Stensdotter, A. K., Hodges, P. W., Mellor, R., Sundelin, G., Hager-Ross, C. (2003). *Quadriceps activation in closed and in open kinetic chain exercise*. *Med. Sci. Sports Exerc*, 35,12,2043 – 2047.

Wilmore J, Costill D (2002). *Fisiología del esfuerzo y el deporte*. 5ta ed. Barcelona: Paidotribo. Pp – 134 – 137.