

## INTRODUCCION

En el ámbito deportivo la medicina tiene como principal objetivo, preservar la salud y restablecerla. Así como potencializar las cualidades físicas del deportista lo cual se logra con el seguimiento médico deportivo a lo largo de todas las etapas del entrenamiento. Por tanto en el desarrollo de todo deporte y principalmente en el futbol asociación trata de entender é investigar los procesos biomecánicos y fisiológicos que se generan dentro de este, con el propósito mejorar el desempeño de los atletas

El fútbol es un deporte de 90 minutos, de los cuales 60 minutos son jugados realmente, dependiendo de las paradas del juego, la táctica y las lesiones. Durante este tiempo el sistema energético aeróbico tiene una participación destacada, entre el 70 y 75 % del tiempo, producto de que el esfuerzo de los jugadores durante la mayor parte del partido se corresponde con una intensidad que se ve enmarcada en un intervalo entre el 65 y 80 % del  $VO_2max$ . Hay periodos cortos de ejercicio de alta intensidad entremezclados con periodos de ejercicio con baja intensidad. Por lo tanto, las demandas fisiológicas del fútbol exigen jugadores competentes en varios aspectos de la capacidad física tanto aeróbica como anaeróbica y en esta última la más útil para tener las jugadas que generan los puntos. Las demandas fisiológicas varían con el nivel de competencia, posición de juego, la táctica y factores ambientales, como la altura, humedad, temperatura.

La posición de juego es uno de los factores que determina diferencias muy marcadas debido al tipo de ejecución y evolución que desempeñan los jugadores con respecto a esta, ya que el gesto deportivo se especializa para cada una de ellos, así como un metabolismo mas predominante, y una adaptación fisiológica propia de la posición.

El patrón de ejercicio puede describirse como intervalado y acíclico, con esfuerzos máximos superpuestos sobre una base de ejercicios de baja intensidad (trote suave y caminata).

En la actualidad los estudios previos han mostrado que las características de la composición corporal son un factor importante para la detección y selección de atletas de este y todos los deportes, ya que con un análisis de composición corporal se puede identificar la tendencia deportiva, cuantificando la adiposidad, la cantidad y distribución de masa muscular principalmente. (Martin, Carter, Gómez).

En la mayor parte de los estudios de composición corporal realizados a futbolistas de elite demuestran que el jugador es tan magro como la mayoría de los deportistas de alto nivel de diferentes disciplinas. Siendo la masa muscular uno de los determinantes positivos para aumentar el desempeño de los atletas. De esta manera se pretende aportar parámetros que puedan apoyar el seguimiento médico deportivo del futbol asociación ya que es de vital importancia la evaluación continua de los atletas para poder mantener un desempeño optimo y en el caso de este grupo de edad no alterar su desarrollo pudiendo dosificar de manera grupal e individual la carga del entrenamiento

## MARCO TEORICO

### EL MUSCULO Y LA POTENCIA ANAERÓBICA

En los vertebrados en general, y en la especie humana en particular, el movimiento implica desplazamiento de elementos esqueléticos que podemos considerar como elementos pasivos. Sin embargo, este desplazamiento es posible mediante los elementos activos, los cuales son los encargados de transformar la energía química en energía mecánica o fuerza. En los animales pluricelulares, los elementos activos de carácter más universal son los músculos.(1)

Para el ser humano el músculo es un tipo de tejido que tiene a su cargo el movimiento del cuerpo, así como el cambio de tamaño y forma de los órganos internos. Los músculos están constituidos por un variado número de fibras y, cada una de estas fibras es una célula. (2,3)

### TIPOS DE FIBRAS MUSCULARES

#### MUSCULO ESTRIADO

En este tipo de musculo no se aprecia individualidad de las células que lo componen, porque durante el desarrollo embrionario, desaparecen las membranas de separación intercelular. Su unidad estructural es la fibra muscular estriada en forma de cinta y con una longitud y diámetros variables. Es una formación polinucleada, con los núcleos rechazados hacia la periferia casi en contacto con la membrana plasmática. (4,5,6)

Sus fibras son de contracción voluntaria y responsables de movimiento y del conjunto de actividades que definen el comportamiento motor del organismo. Posibilita la generación de fuerza y los desplazamientos recíprocos entre las distintas piezas y estructuras óseas del esqueleto. Excepcionalmente, existe también musculatura esquelética no relacionada con el sistema óseo, como la del tercio superior del esófago, labios, párpados, esfínter anal. (4,3)

#### UNIDAD FUNCIONAL

La unidad estructural funcional del tejido muscular estriado es la fibra muscular con forma de cinta y una longitud muy variable entre 1 y 50 mm, según las dimensiones de cada musculo. Su diámetro oscila entre los 50 y 90 M micras con valores máximos de hasta 100 mil micras en algunos casos. Resulta de la fusión

de las células aisladas, durante el periodo embrionario con alrededor de 100 núcleos, situados en la periferia provenientes de células mesodérmicas mioblastos. Por lo tanto la fibra muscular madura posee un centenar de núcleos o más, una vez producida la fusión pierde la capacidad para la división celular. De esta manera el número de fibras musculares queda establecido antes del nacimiento y la mayoría de ellas durante toda la vida. El notable crecimiento muscular posterior al nacimiento se logra principalmente por hipertrofia de las fibras existentes. Unos cuantos mioblastos persisten en los músculos maduros como células satélite (miosatelocitos), que conserva la capacidad de fusionarse entre sí o con las fibras musculares dañadas para regenerarlas. Las fibras musculares maduras se encuentran en disposición paralela una respecto a la otra y su diámetro es de 10 a 100 micrómetros. Aunque comúnmente su longitud es de 100mm algunas tienen hasta 30 cm de longitud. (2,7)

La miofibrilla esta compuestas por polímeros filamentosos denominados miofilamentos; de miosina II o filamentos gruesos de 10nm de espesor y 1,5  $\mu$ m de largo y de actina o filamentos delgados de 5nm de espesor y 1 $\mu$ m de largo.

Los miofilamentos son los verdaderos elementos contráctiles del músculo estriado debido a que la contracción se debe a interacción de las proteínas de los filamentos delgados y gruesos.

Los haces de miofilamentos están rodeados por el retículo sarcoplásmico, que forma una malla tubular bien organizada alrededor de los elementos contráctiles de todas las células musculares estriadas. Asociadas al REs se encuentran depósitos de glicógeno y mitocondrias. (2,5,8)

### Proteínas Contráctiles

Son las que constituyen los filamentos gruesos (Miosina II) y delgados (Actina) Los filamentos delgados exhiben dos tipos de actina; la actina F (fibrosa) y la actina G (globular) que tiene un sitio de fijación para la miosina. Los filamentos Gruesos tienen solo un tipo de polipéptido; La miosina II, que está compuesto por dos cadenas polipeptídicas gruesas y cuatro cadenas polipeptídicas ligeras; Las segundas se fijan a las primeras y estas a su vez exhiben una cabeza globular donde se encuentran el sitio de fijación para el ATP y el sitio de fijación para al actina. (2,5)

## Proteínas Reguladoras

La Tropomiosina compuesta por una doble hélice de polipéptidos, que al igual que la troponina tiene como función ocultar el sitio de fijación para la miosina, por último, el complejo troponina está compuesto por 3 tipos de polipéptidos: La troponina C (TnC) que es la encargada de la fijación del  $Ca^{2+}$ , fenómeno esencial para la contracción, la troponina T (TnT) tiene como función anclar el complejo de troponina y La troponina I (TnI) se une a la actina e inhibe la interacción actina miosina.<sup>(2,8)</sup>

## Proteínas Accesorias o Estructurales

Las proteínas accesorias (Estructurales) tienen esta función, regular el espaciado, la fijación y el alineamiento de cada uno de los componentes de la miofibrilla para asegurar la eficacia de contracción <sup>(2)</sup>

Actinina: Proteína fijadora de actina, organiza los filamentos finos en forma paralela y los ancla en la línea Z.

Nebulina: Esta Adherida a la línea Z y transcurre paralelamente a los filamentos finos. Ayuda a la a actinina a anclar estos filamentos y se cree que regula la longitud de los filamentos finos durante el desarrollo muscular.

Tropomodulina: Es una proteína fijadora de actina que tiene como función regular la longitud de los filamentos de actina sarcomero.

## Relacionadas con los filamentos de miosina

Titina: Tiene como función anclar los filamentos gruesos e impide la distensión excesiva del sarcomero.

Miomesina: Mantiene los filamentos gruesos alineados en la línea M.

Proteína C: Forman varias franjas transversales bien definidas de lado a lado de la línea M y tiene una función similar a la miomesina.<sup>(9)</sup>

Otras proteínas como la Desmina, que es un polipéptido relacionado con la miofibrilla, esta tiene como función la comunicación entre miofibrillas y la Distrofina que comunica la miofibrilla con el sarcolema.<sup>(2)</sup>

## Inervación Motora

Las fibras musculares esqueléticas están ricamente inervadas por neuronas motoras que se ubican en la medula espinal o el tronco del encéfalo. Todas las

fibras de una unidad motora están inervadas por ramas de una sola neurona motora y se contraen en forma simultánea cuando reciben el estímulo de un impulso transmitido por esa neurona. .

La unión neuromuscular es un sitio de transmisión del impulso nervioso del axón a través de la hendidura sináptica y hasta la fibra muscular, cuya membrana plasmática también es excitable y capaz de conducir un potencial de acción.( 5,9,10)

La membrana plasmática de la fibra muscular frente a la hendidura sináptica tiene muchos repliegues de unión neuromuscular profundos. En esta existen receptores acetilcolínicos específicos, están restringidos en la membrana plasmática que limita inmediatamente la hendidura sináptica y en la porción apical de los repliegues.(11) En la hendidura sináptica se encuentra la acetilcolinesterasa, misma que degrada rápidamente la acetilcolina para impedir la estimulación continua.(3,5)

## MECANISMO DE DESLIZAMIENTO Y CONTRACCIÓN

El acortamiento de un músculo comprende ciclos de contracción rápidos que desplazan los filamentos finos a lo largo de los filamentos gruesos. Este mecanismo de deslizamiento se da al liberarse calcio en el sarcoplasma y al unirse a la troponina c, alterando su conformación, haciendo que la troponina acople a la tropomiosina, para desplazarla al surco existente entre las dos hebras de actina y descubra el sitio activo de la actina para su unión con la cabeza de miosina con la intervención de ATP. Cada ciclo de contracción se compone de cinco etapas:(7,8)

**Adhesión:** es la etapa inicial del ciclo de contracción en la cual la cabeza de la miosina está fuertemente unida a la molécula de actina del filamento.

Al comienzo del ciclo de contracción la cabeza de la miosina está fuertemente unida a la molécula de actina del filamento fino y no hay ATP. Esta disposición se conoce como configuración de rigidez.(7,12). En un músculo en contracción activa, esta etapa finaliza con la fijación de ATP a la cabeza de la miosina.(6)

**Separación:** es la segunda etapa del ciclo, en la cual la cabeza de la miosina se desacopla del filamento delgado. En esta etapa del ciclo de contracción se une ATP a la cabeza de la miosina e induce cambios de conformación del sitio de unión a la actina. Esto reduce la afinidad de la cabeza de miosina por la molécula de actina y hace que se desacople del filamento delgado (7,13).

Flexión: es la tercera etapa del ciclo en la cual la cabeza de la miosina, como consecuencia de la hidrólisis de ATP, avanza una distancia corta en relación con el filamento fino.<sup>(13,14)</sup>

El sitio de fijación de ATP de la cabeza de miosina sufre cambios de conformación adicionales que hacen que esta se flexione. Este movimiento es iniciado por la escisión del ATP en adenosina difosfato, ADP, y fosfato inorgánico; ambos productos hidrolíticos, no obstante permanecen unidos a la cabeza de la miosina. Esta etapa del ciclo, el desplazamiento lineal de la cabeza de la miosina en relación con el filamento fino es de unos 5nm<sup>(8,4)</sup>.

Generación de Fuerza: es la cuarta etapa del ciclo en la cual la cabeza de la miosina libera el fosfato inorgánico y ocurre el golpe de fuerza.

La cabeza de la miosina se une débilmente a su nuevo sitio de unión en la molécula de actina contigua del filamento fino, lo cual causa la liberación del fosfato inorgánico. Esta liberación tiene dos efectos:

La afinidad de la fijación entre la cabeza de la miosina y su nuevo sitio de unión aumenta. Una fuerza es generada por la cabeza de la miosina conforme retorna a su posición no flexionada original.<sup>(7,6)</sup>

En consecuencia, cuando la cabeza de la miosina se endereza impulsa el movimiento del filamento fino a lo largo del filamento grueso. Este es el golpe de fuerza del ciclo. Durante esta etapa el ADP se separa de la cabeza de la miosina.

Readhesión: es la quinta y última etapa del ciclo en la cual la cabeza de miosina se une con firmeza a una nueva molécula de actina. La cabeza de la miosina otra vez está unida con firmeza a una nueva molécula de actina del filamento delgado. (Configuración de rigidez) y el ciclo puede repetirse.<sup>(15,3)</sup>

Aunque una cabeza de miosina individual se separe del filamento fino durante el ciclo, otras cabezas miosina del mismo filamento grueso se fijarán a moléculas de actina, lo cual produce movimiento. Como las cabezas de miosina se disponen en la forma de imágenes especulares a cada lado de la banda H, esta acción tracciona los filamentos finos hacia el interior de la banda A, con lo que el sarcómero se acorta <sup>(4,3)</sup>

## METABOLISMO MUSCULAR

La fibra muscular dispone de recursos diversos para la obtención de energía: ATP, fosfocreatina, glucosa en oxidación anaerobia o aerobia, ácidos grasos libres y otras opciones de menor importancia cuantitativa como el uso de cuerpos cetónicos, aminoácidos o el propio ADP.<sup>(16)</sup>

Los combustibles utilizados por la fibra muscular varían según el momento, duración, intensidad del ejercicio y posibilidades de suministro de sustratos y de oxigenación de la fibra. <sup>(4)</sup>

## SECUENCIA TEMPORAL

En reposo, la fibra muscular consume casi exclusivamente ácidos grasos, los cuales atienden aproximadamente el 95% de sus demandas energéticas. Con la actividad física se ve obligada a aumentar de forma importante su potencial oxidativo, a fin de poder atender de manera adecuada el fuerte incremento de la demanda.<sup>(4)</sup>

Las fases iniciales, no más allá de 2 a 5 segundos desde el inicio de la contracción. El rápido agotamiento del ATP obliga a la puesta en marcha de los mecanismos de la transfosforilación, movilizandando las reservas de fosfocreatina de la fibra. Como en la fosfocreatina ya existe el enlace fosfato, el tiempo necesario para restituir el ATP es mínimo. Tampoco el contenido de la fibra en fosfocreatina es elevado y según el tipo de intensidad del ejercicio y el nivel de entrenamiento (que mejora las reservas de fosfocreatina), se agota entre los 8 a 15 segundos desde el inicio de la actividad. La fosfocreatina, además de su importancia intrínseca, permite ganar el tiempo necesario para que continúe la contracción hasta que empiecen a completarse las vías metabólicas oxidativas.<sup>(4,10)</sup>

La primera de ellas disponible es la oxidación anaerobia de la glucosa que, aunque es de baja rentabilidad y produce lactato como producto final, no requiere esperar a que el músculo sea adecuadamente abastecido en  $O_2$ . <sup>(3)</sup>

Las vías oxidativas aerobias se completan después de un período de tiempo de alrededor de 1,5 minutos, necesario para poder atender las demandas de mayor flujo sanguíneo muscular. Además de ser mucho más rentables energéticamente, ofrecen la posibilidad de utilización opcional de glucosa o de ácidos grasos. Primero se oxida aeróbicamente la glucosa y transcurridos unos 30 minutos pueden empezar a utilizarse también ácidos grasos como combustible, porque la

movilización de las reservas de triglicéridos requiere un tiempo muy superior a las de glucógeno. (4)

En ejercicios intensos de larga duración con penuria energética se pueden utilizar también aminoácidos, cuerpos cetónicos o, como recurso final, ADP.

## TIPOS DE SUSTRATO UTILIZADOS POR EL MUSCULO

Además de la secuencia temporal influyen la intensidad del ejercicio y el tipo de contracción, los ácidos grasos son el combustible principal del músculo en reposo. No hay problemas de suministro y además se ahorra glucosa. Con el ejercicio cambia el combustible utilizado, y el músculo (después de la fase inicial) pasa a la oxidación de glucosa por vías aerobias o anaerobias según el momento, la intensidad de la contracción y las posibilidades de oxigenación de la fibra. En los ejercicios de elevada intensidad se precisa glucosa como combustible; en los de baja intensidad, después del período inicial, se oxidan ácidos grasos. (2,4,6)

La glucosa es el combustible de los ejercicios intensos porque admite la opción anaeróbica y porque su velocidad de liberación de energía es 4 veces superior a la de los ácidos grasos. Por su mayor rentabilidad y la abundancia de sus reservas, los ácidos grasos son el combustible de elección siempre que ello sea posible: ejercicios de moderada intensidad, transcurridos 30-45 minutos desde su inicio. La utilización de ácidos grasos por parte de la fibra muscular en el transcurso del ejercicio se ve también limitada porque un consumo excesivo de ácidos grasos conduce a la formación de cuerpos cetónicos, con acidificación importante de la sangre y sobrecarga hepática. La utilización de otros combustibles por la fibra muscular es escasa, con un porcentaje energético no superior al 5% del total. Es preciso siempre el consumo de una cierta cantidad de glucosa, porque ésta es necesaria para la síntesis de los intermediarias del ciclo de Krebs y porque es el combustible esencial de algunos tipos celulares. Principalmente las neuronas y el músculo cardíaca no siendo sintetizable a partir de los ácidos grasos.(4,12)

Tipo de contracción. En las contracciones isométricas intensas, por encima del 30% de la máxima contracción voluntaria (VMC), empieza a limitarse el flujo de sangre a consecuencia del efecto de compresión sobre los vasos sanguíneos. La compresión es completa a partir del 70% de VMC. En estas condiciones es obligado el consumo de glucosa, porque el músculo queda forzado a trabajar en anaerobiosis y sólo puede usar sus reservas de glucógeno.

## METABOLISMO AEROBIO Y ANAEROBIO EN LA FIBRA MUSCULAR

### Metabolismo anaerobio aláctico.

Propio de las etapas iniciales del ejercicio cuando las demandas energéticas son atendidas a expensas del fosfágeno (ATP y PC) presente en el músculo. La escasez de las reservas musculares en sustratos de este tipo impide proseguir la contracción únicamente a sus expensas más allá de unos pocos segundos. En las pruebas deportivas de duración muy corta, prácticamente el único combustible utilizado son fosfágenos.<sup>(5)</sup>

### Metabolismo anaerobio láctico.

Se utiliza cuando, transcurrido cierto tiempo después del inicio de la contracción, ya ha sido posible movilizar las reservas de glucógeno muscular y completar las vías de la glucólisis anaerobia y se toma el relevo del metabolismo aláctico. Existe también metabolismo anaerobio láctico en todas aquellas fases del esfuerzo en las que se produzca un desajuste entre las demandas de O<sub>2</sub> de la fibra y las posibilidades de suministro existentes. La fibra muscular se ve también forzada a utilizar el metabolismo anaerobio aláctico en las contracciones isométricas, cuando hay dificultades para mantener el flujo sanguíneo. Son inconvenientes del metabolismo láctico su bajo rendimiento energético, la obligatoriedad de utilizar glucosa como combustible y la acumulación de ácido láctico como producto final, que inactiva los sistemas enzimáticos. <sup>(2,4,6)</sup>

### Metabolismo aerobio

Permite la utilización de glucosa o ácidos grasos, con un rendimiento energético elevado y con productos finales como el CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O fáciles de eliminar y, en el caso del agua, aprovechables. Sus inconvenientes estriban en que las vías aerobias precisan de un cierto tiempo para poder ser completadas, que en el caso de los ácidos grasos es prolongado y que es preciso asegurar el suficiente aporte de O<sub>2</sub> a la fibra en contracción.<sup>(4)</sup>

### Movilidad metabólica de contracción

El músculo utiliza prioritariamente, y al máximo sus vías aerobias para obtener el mayor rendimiento posible de los sustratos que oxida. Sólo recurre a la anaerobiosis cuando no es posible el trabajo aerobio. Por el escaso aprovechamiento del potencial oxidativo y por el riesgo de acúmulo de lactato o agotamiento de combustibles, limitará esta opción al máximo posible. Metabólicamente es posible distinguir dos grandes tipos de esfuerzo:

Los ejercicios de potencia, identificables metabólicamente como anaerobios, en los que la desproporción entre las necesidades energéticas de la contracción y la capacidad de suministro de oxígeno al músculo obliga a utilizar predominantemente las vías anaerobias (aunque, de manera simultánea, se solicite también y en la medida de lo posible el metabolismo aerobio). (4,10)

La tipificación metabólica del ejercicio es útil porque ilustra mejor el sistema de suministro energético predominantemente solicitado para su ejecución. Ello tiene especial interés para el entrenamiento deportivo y sus modalidades de diferenciación específica. La distinción entre trabajo aerobio y anaerobio no siempre es fácil. Si la masa muscular que participa en el movimiento es pequeña, el requerimiento de  $O_2$  del organismo también lo es, pero la zona solicitada puede verse obligada a recurrir al trabajo anaerobio.

En consecuencia, desde el punto de vista metabólico, cualquier trabajo presenta carácter mixto, a pesar de que, en general, pueda identificarse un componente metabólico predominante. Las posibilidades de la fibra muscular para la obtención de la energía necesaria para la contracción son diversas y se escogerá en cada momento la más adecuada a la circunstancia concreta. (4,16)

Si el ejercicio es intenso, la resíntesis del fosfágeno y la remetabolización del lactato se hacen después de terminarlo; pero si la intensidad del ejercicio no es importante, pueden recuperarse de forma parcial o completa las reservas de fosfágeno y disponer de ellas en un momento concreto de aumento de potencia. (4)

Por tanto las demandas requeridas en un partido de fútbol se obtienen principalmente del glucógeno acumulado dentro de los músculos activos, pero la glucosa extraída de la sangre también puede ser utilizada por los músculos. Estudios con jugadores de élite suecos y dinamarqueses después de un partido de fútbol, mostraron concentraciones de glucosa en sangre de 3.8 y 4.5 mmol/L respectivamente, con medidas debajo de 3 mmol<sup>-1</sup>. Otras investigaciones encontraron valores más altos (6 -7 mmol/L). Así, parece que el hígado libera bastante glucosa para mantener e incluso elevar la concentración de glucosa de la sangre durante un partido, y esa hipoglucemia sólo ocurre en casos muy raros. (17)

Puede obtenerse información sobre el uso de glucógeno muscular durante un partido de fútbol de las determinaciones de glucógeno del músculo tomado antes y después del partido. La diferencia en volumen del glucógeno representa la utilización neta de glucógeno del músculo, pero no muestra el intercambio de glucógeno total; ya que la resíntesis de glucógeno probablemente ocurre durante el reposo y los períodos de ejercicios de baja intensidad durante un partido. En un estudio sueco el promedio de concentración de glucógeno muscular en el muslo

era de 96, 32 y 9 mmol/kg de peso seco antes, durante entrenamiento y después de un partido respectivamente <sup>(18)</sup>.

En un estudio finlandés el glucógeno muscular fue observado en 84 mmol/kg de peso seco antes de un partido, y se redujo a 63 y 43 mmol/kg de peso seco en entretiempo y después del partido, respectivamente<sup>(17,,12)</sup>. Así, las reservas de glucógeno muscular no siempre son totalmente vaciadas durante un partido de fútbol. Con respecto a la oxidación de grasas en general, se ha observado que la concentración de los ácidos libres en la sangre aumentó durante los partidos de fútbol competitivos, y más durante la segunda mitad del encuentro. La concentración en la sangre es principalmente el resultado de la captación neta de ácidos libres en varios tejidos y la liberación de ácidos grasos del tejido adiposo.

Así mismo varios intentos para determinar la contribución del metabolismo aeróbico durante el fútbol, midiendo el consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) durante un juego, y se han obtenido valores de 1-2 l/min <sup>(12,18)</sup>. Estos valores probablemente no son representativos del  $VO_2$  durante un juego, ya que el procedimiento de recolección interfiere con la actividad normal y sólo se ha analizado pequeñas partes de un partido. Recientemente, el problema anterior ha sido minimizado usando un sistema de telemetría portátil de peso ligero (800 G) (K2) para medir  $VO_2$ . Con este sistema el  $VO_2$  fue medido durante varias actividades relacionadas al fútbol, y se obtuvo el más alto  $VO_2$  de 4 l/min durante carrera con gambeta, considerando que estaba entre 2 y 4 l/min para trabajos como 1 vs.1 y 3 vs.1 <sup>(11,19)</sup>. Y con lo mencionado anteriormente tenemos que el fútbol es un deporte complejo en el cual las demandas fisiológicas son multifactoriales y varían marcadamente durante un partido. Las altas concentraciones de lactato sanguíneo y las elevadas concentraciones de amonio ( $NH_3$ ) durante los períodos de juego, indican que ocurren grandes cambios metabólicos musculares e iónicos.

Las demandas pueden ser muy altas, provocando la fatiga, interfiriendo con el rendimiento físico potencial y la técnica aún a intensidades submáximas de ejercicio. Las demandas fisiológicas varían con el nivel de competencia, estilo de juego, posición de juego y factores ambientales <sup>(18,19)</sup>. El patrón de ejercicio puede describirse como intervalado y acíclico, con esfuerzos máximos superpuestos sobre una base de ejercicios de baja intensidad (trote suave y caminata). Los jugadores realizan diferentes tipos de ejercicios que van desde estar parado hasta una carrera máxima. Además de tener bien desarrollada la capacidad para producción de potencia alta, los jugadores deberían también ser capaces de trabajar durante largo tiempo (resistencia). Esto distingue al fútbol de deportes en los que el ejercicio continuo se realiza con una intensidad, bien alta o moderada, durante todo el evento. Por tal motivo se considera un deporte predominantemente aeróbico, pero los eventos críticos en el juego dependen de las fuentes anaeróbicas de energía. Éstos se refieren al oportunismo a la ejecución de los movimientos rápidos y cortos para ganar la pelota y movimientos ágiles para pasar a los oponentes, tales como trabar a un jugador, saltar, acelerar, rematar, cambiar

de dirección. También es importante la capacidad de recuperarse entre las series de esfuerzos, para poder estar preparado para esfuerzos máximos posteriores, cuando se presenten las oportunidades.

Existe un cambio de actividad aproximadamente cada 4 segundos, que enfatiza la naturaleza intervalada del deporte. Cada partido implica 1000 a 1200 acciones que incorporan cambios rápidos y frecuentes de ritmo y dirección así como la ejecución de las habilidades de juego <sup>(17,19)</sup>. La intensidad o tasa del esfuerzo tiende a disminuir hacia el final del juego y refleja los procesos fisiológicos asociados a la fatiga muscular <sup>(18)</sup>. Esa caída del rendimiento también está asociada a una disminución de las reservas de glucógeno dentro de los músculos de las piernas. La característica más evidente de la performance de jugadores fatigados fue el menor número de sprints máximos en busca de la pelota. El aumento en el número de goles convertidos hacia el final de los partidos, es otra muestra de fatiga en ese momento. Una buena capacidad aeróbica puede proteger contra un descenso del ritmo de trabajo hacia el final del partido.

#### Distancia recorrida

Una de las ventajas que se pueden tener al conocer la distancia recorrida en un partido es la representación de la intensidad general del ejercicio y la contribución individual al esfuerzo total del equipo. Los jugadores de la Liga Premier Inglesa completaron una distancia total de  $10104 \pm 703$  m en los 90 minutos de juego (primer tiempo,  $5216 \pm 388$ ; segundo tiempo,  $4889 \pm 379$  m). El juego inglés requiere que los jugadores mantengan un alto nivel de actividad a lo largo del juego con el fin de recibir la pelota de un compañero o presionar a un adversario para poder ganar nuevamente el balón. <sup>(18)</sup>

En el estudio de Copa América 1995, la distancia total cubierta por jugadores sudamericanos fue significativamente menor:  $8638 \pm 1158$  m (primer tiempo,  $4389 \pm 549$ ; segundo tiempo,  $4248 \pm 628$  m). En estas distancias, influye la táctica del fútbol sudamericano, donde se enfatiza la posesión de la pelota y se realizan pases decisivos rápidos. Se observa una reducción del 6% en la distancia total recorrida del segundo tiempo con respecto al primero. Este valor es similar a la disminución observada en el segundo tiempo por Bangsbo y cols. (1991). Esto representó una disminución del nivel de actividad que está relacionada con la fatiga. Ésta tiene correlación negativa con la potencia aeróbica, el nivel de glucógeno muscular y la acumulación progresiva de potasio en el músculo. <sup>(17)</sup>

De todas formas, hay variaciones de partido a partido que muestran que los jugadores no recorren siempre la misma distancia máxima, y así probablemente no utilizan su capacidad física totalmente en cada partido. Por ejemplo, Ekblom (1986) observó que la distancia cubierta en alta intensidad de carrera durante los partidos a una temperatura de 30 °C sólo estaba en la mitad (500 m) de la cubierta a una temperatura de 20 °C (900 m). La capacidad física se altera en partidos

jugados a una altitud mayor de 2000 m, ya que disminuye disponibilidad para el consumo de oxígeno y el rendimiento de carrera. También aumentan las demandas fisiológicas en otras condiciones como jugar en un campo barroso o cuando la humedad es alta.<sup>(17, 18)</sup> fracasaron a la hora de mostrar alguna diferencia en la distancia recorrida por juego entre los partidos locales y visitantes.

La importancia de la contribución aeróbica también está representada por actividades de baja intensidad que contabilizan el 80% del tiempo total; los trotes (hacia delante, atrás y laterales) sumaron un 30% del total, y la caminata (hacia delante y atrás) un 50%. El 15% restante del tiempo total se transcurre sin movimiento. Las pausas estáticas ocurren en un promedio de  $267 \pm 64$  veces durante un partido, indicando la naturaleza más o menos continua del juego. La velocidad crucero y de sprints sumaron el 4% y 1% del tiempo total, respectivamente. Tales actividades representan la contribución anaeróbica al partido. Los esfuerzos de alta intensidad, a pesar de ser cruciales para la performance, son poco frecuentes (crucero,  $65 \pm 24$ ; sprints,  $21 \pm 12$ ) y de corta duración (crucero,  $3.3 \pm 0.8$  seg.; sprints,  $2.8 \pm 0.9$  seg.). La proporción cociente entre pausa: baja intensidad: alta intensidad fue 3:16:1.<sup>(17,19)</sup>

Menos del 2% de la distancia total recorrida por jugadores de elite se desarrolla mientras están en posesión de la pelota. La mayor parte de las acciones desarrolladas durante un partido son, por lo tanto, "sin la pelota", ya sea corriendo para crear espacios, o apoyando a los compañeros de equipo que tienen la pelota o persiguiendo a los oponentes y corriendo para luchar y conseguir la pelota.<sup>(17,19)</sup>

Si se relaciona la distancia recorrida con la posición de juego, los mediocampistas completaron una distancia significativamente mayor que los delanteros (mediocampistas,  $9826 \pm 1031$ ; delanteros,  $7736 \pm 929$  m). Es de conocimiento general que los mediocampistas recorren mayores distancias durante un partido que los laterales (Ekblom, 1986 y Reilly y Thomas, 1976). Esto se puede atribuir a que los mediocampistas tienen más flexibilidad táctica que otras posiciones, ya que sirven como conexión entre los delanteros y los defensores del equipo. Sus obligaciones no incluyen sólo apoyar a los atacantes en busca de goles sino también asistir a los zagueros en sus deberes ofensivos. Estos jugadores también están caracterizados por tener mayores niveles de capacidad aeróbica que otras posiciones. <sup>(11,18)</sup>

Los perfiles de intensidad de los delanteros parecen estar caracterizados por arranques súbitos de esfuerzos de alta intensidad con el fin de facilitar una creación positiva de espacio o moverse buscando la oportunidad de convertir un gol. Estos esfuerzos de alta intensidad están entremezclados con períodos de recuperación de baja intensidad. Por esto, puede asumirse que los jugadores delanteros muestran un perfil más anaeróbico de actividad que otras posiciones.

En las investigaciones sobre los jugadores de la liga inglesa, los laterales realizaban sprints menos frecuentemente que los centrales. La distancia general recorrida a través de sprints era significativamente menor para los laterales y centrales que para los delanteros y mediocampistas. Las grandes cifras para el sprints entre los delanteros incluían fintas para atraer a los defensores fuera de su posición o carreras inadvertidas en fuera de juego no seguidos por un defensor.

Los defensores cubrieron una distancia total de  $8696 \pm 1031$  m. Ellos tienen que retroceder hacia su propio arco a medida que avanzan los atacantes, esto requerirá que se muevan hacia atrás en busca de su arco. Los defensores deben "distraer" a los jugadores en ataque que están en posesión de la pelota, con el fin de ubicarse en una posición apropiada para tratar de "parar" y posiblemente ganar el balón. Las menores distancias se observan en los zagueros centrales, quienes tienden a poseer una alta producción de energía pero por un período muy breve y, consecuentemente, una elevada capacidad anaeróbica es importante para las actividades intensas y de corta duración.<sup>(17)</sup>

El arquero recorre aproximadamente 4 km durante el partido, el 10% de los cuales era con el balón en su poder en los años 70 <sup>(18)</sup>. Esta última cifra es apta para haber sido reducida por cambios posteriores de la regla relativa al desplazamiento del balón por el arquero y de la regla introducida en 1992 prohibiendo dar un pase para atrás. Mucha de la actividad de nivel inferior del arquero puede ser un mecanismo involuntario para mantener la excitación y la concentración en el partido antes que una imposición directa de las exigencias del juego. También puede ayudar a la termorregulación. Las demandas críticas son de naturaleza anaeróbica, al saltar para atajar la pelota y al tirarse al suelo para pararlo.<sup>(17,19)</sup>

## PROPIEDADES MECANICAS DEL MUSCULO

Los indicadores biomecánicos fundamentales que caracterizan la actividad del Músculo son: la fuerza que se registra en su extremo (esta fuerza se denomina tensión o fuerza de tracción muscular), y la velocidad de variación de la longitud.<sup>(8)</sup>

Cuando el músculo se excita, varía su estado mecánico; estas variaciones son denominadas contracción. La contracción se manifiesta en la variación de la tensión o de la longitud del músculo (o de ambas), así como de otras de sus propiedades mecánicas (elasticidad, rigidez, etc.).<sup>(22)</sup>

Si la estructura del músculo la consideramos como una combinación de sus elementos elásticos y contráctiles, veremos que los componentes elásticos, por sus propiedades mecánicas, son análogos a los resortes, es decir, para distenderlos hay que aplicar una fuerza. Por el contrario, los componentes contráctiles corresponden a aquellas partes de las sarcómeras del músculo donde

los filamentos de actina y miosina se deslizan unos sobre otros y, en mayor o menor medida, según la intensidad de la contracción.<sup>(4,24)</sup>

Relación tensión - longitud de una fibra muscular.

Estudia el comportamiento de tensión de una fibra muscular bajo contracción isométrica tetánica a diferentes longitudes de sarcomera. La capacidad de generar tensión depende estrechamente con el número de puentes cruzados (interfibrilares), del filamento de miosina superpuesto en el de actina. <sup>(22,10)</sup>

La tensión es máxima a la longitud slack o de reposo de la sarcomera (2  $\mu\text{m}$ ), donde la superposición de la actina sobre la miosina es máxima. La tensión cae progresivamente al aumentar la longitud de la sarcómera, hasta llegar a cero tensión, donde la superposición ya no existe (3.6  $\mu\text{m}$ ).

La tensión también disminuye cuando la longitud de la sarcómera se reduce bajo la longitud de reposo (acortamiento), alcanzando cero tensión a las 1,27  $\mu\text{m}$ . La superposición extensiva (los dos filamentos de actina comienzan a superponerse), interfiere con la formación de puentes cruzados. Los extremos de los filamentos de miosina se encogen por la presión de las bandas Z.<sup>(7,21)</sup>

Relación tensión longitud del músculo.

Estudia comportamiento de tensión de un músculo como un todo (elementos contráctiles y elásticos) bajo contracción isométrica tetánica. La curva de tensión activa, representa la tensión desarrollada por los elementos contráctiles del músculo. La curva denominada tensión pasiva refleja la tensión desarrollada cuando un músculo sobrepasa su longitud de reposo y la parte no contráctil del vientre muscular se estira. Esta tensión pasiva se desarrolla principalmente en los componentes elásticos en paralelo y en serie. Cuando el vientre muscular se contrae, la combinación de las tensiones activas y pasivas produce la tensión total ejercida. La curva demuestra que a medida que un músculo se estira progresivamente más allá de su longitud de reposo, la tensión pasiva crece y la tensión activa decrece. Un músculo mueve todas las articulaciones sobre las cuales pasa. Así, existen músculos cortos, monoarticulares que mueven sólo una articulación, y músculos largos, poliarticulares que movilizan varias articulaciones.<sup>(4,22,24)</sup>

Longitud de equilibrio.

La longitud de equilibrio muscular, implica que las fuerzas elásticas del músculo son iguales a cero. En el organismo vivo, la longitud del músculo siempre es algo mayor que la longitud de equilibrio y por eso incluso el músculo relajado conserva cierta tensión. Cuando el músculo se distiende más allá de la longitud de equilibrio, comienzan a aparecer las fuerzas elásticas en los componentes elásticos paralelos. Las características mecánicas de la contracción muscular dependen de la magnitud de la resistencia. Así, cuando aumenta la carga (resistencia, peso) se producen variaciones:

Relación carga – velocidad

Un músculo contrae con mucha rapidez cuando la carga es baja. No obstante cuando se aplican cargas la velocidad de contracción disminuye, siendo cada vez más lenta cuanto más grande sea la carga. Cuando la carga se iguala a la tensión que el músculo puede soportar, la velocidad se hace cero, es decir, el músculo se contrae isométricamente. Cuando la carga se incrementa todavía más, el músculo se alarga excéntricamente. Este alargamiento es más rápido con mayor carga.

Periodo de Latencia

Al aumentar la carga, se incrementa el periodo de latencia. Este periodo de tiempo está relacionado con el tiempo que se necesita para lograr distender los componentes elásticos hasta que la fuerza de la tracción sobrepase la magnitud de la resistencia.<sup>(6,23)</sup>

Relación tiempo – fuerza

La fuerza ejercida por un músculo es mayor cuando el tiempo de contracción es más largo, debido a que se requiere tiempo para que la tensión sea transferida desde los componentes elásticos paralelos al tendón.

Tipos de contracción muscular

El término contracción significa desarrollo de tensión dentro del músculo y no necesariamente un acortamiento visible del propio músculo. En la contracción isométrica o estática ( $F = R$ ), no hay cambio de longitud del músculo, porque los extremos están sólidamente fijos o la resistencia iguala la capacidad de contracción.<sup>(7,24)</sup>

Al no haber desplazamiento, teóricamente y en términos de física, no se produce trabajo mecánico y toda la energía consumida se transforma en calor. Sin embargo, fisiológicamente, hay un trabajo expresado por la fuerza o tensión

isométrica desarrollada durante un tiempo determinado, con costo energético, liberación de calor y fatiga.<sup>(4)</sup>

En la práctica, no existe una contracción isométrica pura ya que aunque las inserciones de músculo queden fijas y no exista movimiento, las fibras musculares se acortan alrededor de un 7% a expensas del componente elástico en serie del tendón que cede al comienzo de la contracción. En cambio, en la contracción isotónica o dinámica, el músculo cambia de longitud y se produce un trabajo externo medible a partir de la fuerza y la distancia recorrida. Así mismo, no toda la energía consumida se convierte en trabajo efectivo, ya que en parte es necesaria para neutralizar las fuerzas pasivas del acortamiento. Por eso la carga máxima en contracción isotónica en acortamiento es sólo un 80 % de la tensión máxima alcanzada en la contracción isométrica.<sup>(15,24)</sup>

Según la dirección del cambio de longitud muscular, la contracción isotónica puede ser:

- a) en acortamiento, concéntrica, con trabajo positivo cuando la resistencia es menor que la potencia muscular ( $F > R$ )
- b) en alargamiento, excéntrica, con trabajo negativo, cuando la resistencia es superior. ( $F < R$ )

## TRABAJO MUSCULAR

El trabajo mecánico corresponde al producto de la fuerza aplicada sobre un objeto y la distancia en la que el objeto se mueve durante la aplicación de dicha fuerza.<sup>(25)</sup>

$$W (\text{trabajo}) = F \cdot l$$

Pero al tratarse del trabajo de un músculo que genera un movimiento articular, se define como el producto del Momento de fuerza y el desplazamiento angular del segmento en la dirección del movimiento generado.

$$W \text{ angular} = M \text{ Fuerza} \cdot \text{Recorrido angular (radianes)}$$

Si tenemos en cuenta el tipo de contracción muscular, podemos dividir el trabajo en varios tipos: Trabajo estático(isométrico). En este tipo de trabajo, la longitud total del músculo no varía pero, en cambio, existen variaciones de longitud

“internas” en la máquina muscular(sarcómeras)<sup>(22,23)</sup>. El gasto fisiológico de este tipo de trabajo está muy disminuido, además existe una gran fatiga provocada por la isquemia que se genera durante la contracción.

**Trabajo dinámico**(realizado en una contracción isotónica). Dentro de este grupo, podemos diferenciar dos tipos diferentes de trabajo en función del acortamiento (trabajo concéntrico) o elongación (trabajo excéntrico)que realice el músculo:

**Trabajo dinámico concéntrico:** la fuerza muscular produce rotación del segmento articular en el mismo sentido del cambio del ángulo articular. La acción es denominada trabajo positivo ya que el movimiento de la articulación se lleva a cabo contra la gravedad, o bien se origina un movimiento de aceleración del segmento articular. Además, la energía generada durante la acción, se pierde hasta un 75% debido a las fuerzas de fricción que se crean en el interior del músculo mientras tiene lugar el acortamiento. Esto significa que el gasto fisiológico es elevado ya que sólo el 25% de la energía liberada se utiliza como trabajo mecánico ya que el resto se gasta en vencer la inercia inicial, desprendiéndose en forma de calor.

Trabajo dinámico excéntrico:

La fuerza muscular produce rotación en sentido contrario al del cambio del ángulo articular. La acción es denominada trabajo negativo porque el movimiento de la articulación es a favor de la gravedad, o se realiza una desaceleración o freno del segmento articular. El gasto fisiológico, en este tipo de trabajo, está disminuido. Una pequeña parte de la energía generada se pierde en controlar el movimiento y en regular su velocidad.

En relación al coste energético y la capacidad de generar fuerza, la acción muscular excéntrica puede desarrollar la misma fuerza que los otros dos tipos de acciones (concéntrica e isométrica) con menor número de fibras activadas <sup>(14,19)</sup>. Consecuentemente, este tipo de acción es más eficiente y consume menor cantidad de oxígeno <sup>(7)</sup>. Además, la acción excéntrica muscular es capaz de generar mayor cantidad de fuerza o tensión interna muscular que los otros dos tipos de contracción.

Cuando un músculo se contrae al realizar un trabajo excéntrico máximo, es un 40% más potente que si realiza un trabajo estático máximo. Las pruebas realizadas con animales indican que la fuerza excéntrica (o de frenado) puede exceder el máximo isométrico hasta en un 80%. En pruebas de laboratorio con seres humanos, la curva de trabajo depende en gran medida de factores como motivación, el miedo a lastimarse, etc. En una situación de emergencia cabría esperar valores más altos que los obtenidos en el laboratorio, ya que en experimentación animal se obtienen valores de trabajo máximo excéntrico puede exceder el 80% del máximo isométrico (13).

Por el contrario, durante la contracción excéntrica, el músculo está contraído y por lo tanto activados todos los puentes de actina-miosina. Desde esa posición, al sufrir elongación el músculo, a la fuerza generada por las sarcómeros activadas se le suma la tensión generada por el tejido conjuntivo muscular que está siendo estirado. Según progresa la tracción, la fuerza generada es cada vez mayor.

## POTENCIA MUSCULAR

La tensión máxima que puede desarrollar un músculo, y que hemos denominado fuerza, también depende de la velocidad con la que se realiza el movimiento. La potencia muscular, corresponde al trabajo angular realizado por un músculo (o grupo muscular) en relación al tiempo en el que ha sido hecho y depende de la edad del sujeto, disminuyendo en la edad senil (24,25). Un músculo será tanto más potente cuanto menor sea el tiempo que haya empleado para realizar un trabajo. La generación de fuerza depende también de otros factores: influencia genética, edad, género, desarrollo muscular, temperatura, nivel de entrenamiento, peso corporal, tipo de contracción, sensibilidad a la fatiga, Por lo tanto, se trata de una relación fuerza-velocidad. La fórmula de la potencia es la siguiente:  $P = dW/dt$

En el caso de la potencia muscular, el movimiento generado es de tipo angular, por lo que la fórmula correcta es:  $P \text{ angular} = M \text{ Fuerza (N.m)} \cdot \text{Velocidad angular (rad/seg)}$

El desarrollo de potencia muscular es mayor en las fibras de acción rápida, que son capaces de generar cuatro veces más pico de potencia que la originada por las fibras musculares lentas (8,9,10). Las fibras musculares se contraen a una velocidad específica mientras generan la fuerza necesaria para mover un segmento o elevar un peso externo determinado. En el caso de la acción isométrica, la velocidad es nula. Durante la acción concéntrica, la velocidad y la fuerza están inversamente relacionadas. La máxima fuerza generada se obtiene a

velocidades próximas a cero (situación de máxima cantidad de puentes actina-miosina) y la mayor velocidad de la acción concéntrica se alcanza generando mínima fuerza (menor número de puentes).

En la acción excéntrica muscular, situación creada cuando una carga externa es mayor que la fuerza máxima isométrica para esa longitud muscular, se origina una elongación excéntrica del músculo. En los estadios iniciales, la velocidad y los cambios en longitud de la sarcómera son pequeños. Cuando la carga sobrepasa el 50% del máximo isométrico, la velocidad es muy alta. El músculo alcanza el máximo grado de tensión en las acciones excéntricas y a velocidades

La fuerza ejercida se ve influida también por factores de índole fisiológica: el número de las unidades motoras implicadas. (6) Cuando es preciso alcanzar niveles de fuerza importantes, la descarga central sobre las alfa-motoneuronas de los músculos implicados es mayor, con un número superior de ellas activado y más unidades motoras participantes;

El tamaño de las unidades motoras afectadas que participan en la contracción (número y dimensiones de sus fibras). Según se ha indicado, las unidades motoras de los músculos de fuerza son muy grandes. Por el contrario, en trabajos "finos", en los que prima esencialmente la capacidad discriminativa del movimiento sobre la generación de fuerza, las unidades motoras son muy pequeñas; Los aspectos miotipológicos con dos grandes grupos de fibras de contracción lenta con baja tensión y sostenida, y contracción rápida a elevada tensión y esporádica.(4)

## TEJIDO MUSCULAR EN FUTBOLISTAS

Desde el nacimiento hasta la adolescencia, la masa muscular aumenta en forma sostenida, junto con la ganancia de peso del sujeto. En el hombre la masa muscular total aumenta desde el 25% del peso corporal hasta el 40- 45% o más en la edad adulta. (29)

Una gran parte de esta ganancia tiene lugar cuando el ritmo de desarrollo muscular llega al máximo en la pubertad, esto relacionado con la producción de testosterona. El incremento de la masa muscular con el crecimiento y el desarrollo se consigue principalmente mediante la hipertrofia de fibras musculares individuales a través de incrementos de sus miofilamentos y miofibrillas. La longitud del músculo aumenta con la adición de sarcómeros y con incrementos de la longitud de los sarcómeros existentes (19,30).

Los jugadores de fútbol tienden a tener un buen desarrollo muscular, especialmente en los miembros inferiores (muslos y pantorrillas) y esto provoca

una forma corporal o físico característico. El entrenamiento físico afecta las propiedades funcionales y anatómicas de los grupos musculares comprometidos con el gesto deportivo.<sup>(19,30)</sup>

#### POTENCIA MUSCULAR MÁXIMA

Es la que generalmente se obtiene cuando la fuerza ejercida se encuentra alrededor del 30 - 40 % de la fuerza máxima isométrica y la velocidad de acortamiento es cercana al 35 - 45 % de la velocidad máxima <sup>(31)</sup>.

## POTENCIA ANAERÓBICA

Es la máxima potencia que puede ser generada por un metabolismo no oxidativo, cuando las fibras en condiciones de trabajos reducen o limitan el aporte de oxígeno. Durante un trabajo de baja intensidad la energía requerida puede ser generada casi exclusivamente por los procesos aeróbicos, pero cuando el trabajo es más intenso entran en juego los procesos anaerobios (4,41)

### POTENCIA ANAERÓBICA ALACTÁCIDA

Es la potencia producida en los primeros 7 a 10 segundos de trabajo intenso, deriva de la ruptura de los enlaces fosfóricos adenosín trifosfato y de la fosfocreatina, sin producción de lactato.

### POTENCIA ANAERÓBICA LACTÁCIDA

Es producción de trabajo intenso realizado entre los 10 a los 40 segundos, cuya fuente energética proviene de la glucólisis anaeróbica con producción de ácido láctico.(31)

## PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ANAERÓBICA EN EL FÚTBOL

Recordemos que la energía anaeróbica se libera de la degradación del adenosín trifosfato, la cual está almacenado en el músculo o se produce por la división del fosfato de creatina o por la degradación de hidratos de carbono a piruvato (glucólisis), que conduce a la formación de ácido láctico. Una contribución de energía anaeróbica menos importante puede tener lugar por la degradación del adenosín difosfato a adenosín monofosfato y después en inosín monofosfato (IMP) y NH<sub>3</sub>. En la mayoría de los casos, los procesos anaeróbicos son muy rápidos de tal forma que los músculos son capaces de mantener altos niveles de ATP durante el ejercicio. En general, el juego de 90' tiene una participación anaeróbica del 25 - 30 %. Durante un partido de fútbol las acciones que demandan estas prestaciones energéticas corresponden a un 4% de la distancia total recorrida.(4,12)

Bangsbo en la Primera división y Selección danesa pudo determinar: duración promedio de los sprints de 2 segundos (promedio 15 a 17 mts); número de sprints máximos 19 (uno cada 4 - 5'); número de carreras a alta velocidad + sprints (promedio p/jugador) 76 (uno cada 70'). (5,31)

En los estudios más reciente se encontraron que para jugadores de elite, la duración total de ejercicios de alta intensidad durante un partido de fútbol es de casi 7 minutos, incluyendo 19 carreras cortas de velocidad, con una duración

media de 2.0 seg. La degradación de fosfocreatina y, en menor grado de adenosintrifosfato almacenado, brinda una cantidad considerable de energía durante estas carreras cortas. La energía anaeróbica restante es aportada a partir de la glucólisis, generando la formación de lactato. Se ha demostrado que la ruptura de ATP-CP y la glucólisis producen, cada una, la mitad de energía anaeróbica durante un ejercicio máximo de 6 segundos de duración (30,32). Durante períodos más prolongados de ejercicios intensos la glucólisis se vuelve predominante.

Producción de fosfocreatina y adenosin trifosfato : En el fútbol, la concentración de fosfato de creatina alterna continuamente, probablemente como resultado de la naturaleza intermitente del juego. En un trabajo de investigación en el cual se realizaron ejercicios intermitentes de 2 minutos con intensidades altas, media y baja, similar a las actividades durante un partido de fútbol, se observó una disminución pronunciada de fosfato de creatina durante las intensidades máximas, pero casi alcanzó el valor de reposo al final de cada ejercicio. En general, la recuperación de fosfocreatina después de una serie de ejercicios intenso es bifásica con una fase rápida inicial seguida por una aumento más lento hacia el nivel de reposo. Aunque la utilización neta de fosfocreatina tiene una función muy importante como amortiguador de energía, abasteciendo fosfato a la resíntesis de ATP, a través de la reacción de creatín quinasa durante elevaciones rápidas en la intensidad del ejercicio.(33,34)

Producción de lactato en el Fútbol: La concentración de lactato en la sangre se usa a menudo como un indicador de la producción de energía anaeróbica láctica en el fútbol. Las concentraciones de lactato en diferentes estudios oscilaban entre 4 y 8 mmol/L. Las observaciones de innumerables estudios (Bangsbo J, 2001) encontraron concentraciones de lactato más bajas en el segundo tiempo, comparado con el primer tiempo. Esto estaría relacionado con los hallazgos de que los jugadores cubrían una distancia más corta (4.7 vs 5.4 km) y realizaron carreras de menor intensidad, también acompañado con una frecuencia cardiaca media más baja de aproximadamente 10 latidos/min. (35)

Por otro lado, se pueden presentar grandes diferencias en la producción de lactato entre los individuos, como la cantidad de ejercicios de alta intensidad durante un partido es dependiente de factores como la motivación del jugador, estilo de juego, tácticas y estrategias. El último factor también puede explicar diferencias mayores entre los equipos y entre los partidos, ej: los valores de lactato medio más altos fueron observados cuando los equipos usaron marca hombre a hombre comparada a "marca en zona".(30,36)

## MEDICION DE POTENCIA ANAEROBICA

Se crea un método ante la necesidad de un método fácil para evaluar el cual sea fidedigno para vigilar el proceso de entrenamiento de las cualidades neuromusculares fue que se creó el sistema de medición de la potencia anaeróbica y cualidades neuromusculares (plataforma de contacto MICHECEVI).  
(37)

Este sistema se refiere al método de medición de las cualidades neuromusculares ante estímulos neurosensitivos, los cuales pueden ser tanto visiales como auditivos, este modelo se caracteriza por tener un dispositivo en la plataforma sobre la que se realizan dichas pruebas físicas musculares, con una interfase tanto para estímulos auditivos como visuales; el cual está compuesto por:

Un tiempo de respuesta, el mismo que corresponde al tiempo que transcurre desde que se activa el circuito, con el salto, y se desactiva al momento de caer al piso nuevamente; tiempo del evento, que representa el tiempo que transcurre desde que se desactiva el interruptor de la plataforma al iniciar la prueba, hasta que se vuelve activar.<sup>(38)</sup> Aquí se utiliza la fórmula física, donde potencia (P) es el trabajo mecánico (TM) realizada en unidad de tiempo (t):

$$P = TM \cdot t$$

El Dr Miron Georgescuk, Investigador rumano, definió la potencia máxima anaeróbica en el deporte (P.M.An) como la intensidad máxima del esfuerzo explosivo que se puede desarrollar en un mínimo de tiempo (5 – 10 seg) con base en el metabolismo energético anaeróbico muscular.<sup>(39)</sup> Para evaluar la potencia anaeróbica de algún grupo muscular, como por ejemplo cuádriceps, isquiotibiales y gemelos en las piernas, por tal motivo se tiene que contar con dos parámetros de manera muy exacta: la fuerza muscular y el tiempo que realiza el esfuerzo (la duración de la contracción muscular). La relación matemática entre estos dos factores proporciona la medida (magnitud) de la potencia anaeróbica. Por lo que se ha considerado que el salto vertical explosivo de fuerza rápida es el esfuerzo más expresivo para la potencia anaeróbica de los músculos que participan en la triple extensión de las piernas. El salto vertical se debe a la fuerza con que, por extensión rápida, se impulsa el cuerpo en dirección vertical. La velocidad con la que se desplaza el cuerpo hacia arriba es uniformemente retardada (desacelerada), hasta llegar a un punto de velocidad cero, cuando comienza un descenso uniforme acelerado de acuerdo a la ley de gravitación. Los tiempos y

descensos son iguales al realizar un salto (despegue) sobre una plataforma de contactos eléctricos, parte del sistema de medición, el cuerpo se eleva verticalmente de acuerdo con el impulso (potencia) que proporciona la extensión muscular. (37,39)

En las piernas se trata de la triple extensión suma de las potencias de los músculos de las pantorrillas, de los muslos y de los glúteos.

De esta potencia dependerá la altura a la que elevara el cuerpo. La altura(A) del salto se mide partiendo del mismo vuelo (TV), donde (G) representa la fuerza de gravitación (9.81 m/s<sup>2</sup> a nivel del mar) según la fórmula:

$$A=1G \cdot TV^2$$

El tiempo de vuelo, desde el momento del despegue y hasta el toque de aterrizaje comprende el recorrido de ida y vuelta, por lo que en la formula se introduce solo la mitad del tiempo total del vuelo.(39) De la distancia (A) recorrida y del peso corporal(Pc)resulta del trabajo mecánico ( TM ) donde :

$$TM = Pc \cdot A$$

Finalmente, la potencia máxima anaeróbica (PMan) se calcula según la fórmula:

$$PMan = TMTc$$

En donde (Tc) es el tiempo de contacto con la plataforma antes del salto, o sea el tiempo en el que el trabajo la musculatura involucrada. La PMan se expresa en watts en el caso de la potencia absoluta de la triple extensión y en watt/kg obteniéndose así la potencia relativa al peso corporal(40,41).

## PLATAFORMA DE SALTO

Hay diferentes formas de medir la potencia anaeróbica, en general, la que más se utiliza, es el test de saltabilidad en una plataforma de contactos, en nuestro país la plataforma de contactos tipo MICHECEVI, la cual fue diseñada por el Dr. Gabriel Cherebetiu Domsa, con el Dr. Cervantes en base a una idea del maestro Miroso Georgescu, quien también realizo una plataforma de contactos en Europa, es la más convencional.(42).

En la mayor parte de las actividades deportivas la fuerza y la potencia son tan importantes como la resistencia; por tanto uno de los objetivos de la evaluación de la fuerza y la resistencia puede ser la determinación de la importancia relativa en el rendimiento en un determinado deporte<sup>(40)</sup>.

## SISTEMA DE MEDICION

El sistema de medición de la potencia anaeróbica y cualidades neuromusculares (plataforma de contacto MICHECEVI) está conformado por:

Plataforma de contactos eléctricos sobre la cual se realizan las pruebas (saltos o pasos de velocidad); el sistema de adquisición de datos (SAD) que es la interfase con los circuitos electrónicos del programa estimulador visual y auditivo que emite un destello luminoso y una alarma sonora “vip”. Todo esto se logra con la alfombra conductiva (o capacitiva) que se conecta a un sistema de cronometraje electrónico, microprocesador, ordenador, cronómetro, etc., que se acciona automáticamente por el mismo sujeto que salta, en el momento del despegue abre el circuito y al momento en que el pie toca el terreno en aterrizaje, cierra el circuito<sup>(38,43)</sup>.

En los primeros intentos de diseño solamente se midió el tiempo de vuelo; sucesivamente, posteriormente al irse desarrollando la electrónica, los microprocesadores calculan automáticamente la altura (h) del salto y en las pruebas de potencia, el tiempo de trabajo, tiempo de contacto con el terreno, y la potencia mecánica relativa desarrollada, que se expresa en Watt/Kg. Emplean modelos matemáticos y procedimientos biomecánicas para calcular el tiempo total de contacto, el de trabajo positivo, así como el de trabajo negativo o excéntrico se usa la fórmula de Asmussen y Bond-Petersen.<sup>(43,44)</sup>

La cual evalúa la velocidad de reacción auditiva y visual del deportista para obtener datos como:

Parámetros de potencia: Potencia máxima anaeróbica absoluta (PMA<sub>n</sub>/kg); potencia máxima anaeróbica relativa (PMA<sub>n</sub>/kg); potencia pliometrica; potencia máxima con impulso;

Parámetros de velocidad: tiempo (velocidad) de reacción a estímulos auditivos y visuales (frecuencia de pasos; sprint de 3 a 12 seg. (Frecuencia máxima);

resistencia de velocidad (velocidad prolongada) de 20 a 60seg; velocidad de contracción muscular (tiempo de contacto);<sup>(41,45)</sup>

Parámetros de fuerza: fuerza máxima de salto; altura del salto (cm); resistencia de fuerza explosiva.

## COMPOSICION CORPORAL

Las ideas de principios de la cineantropometria nacen con el hombre y se desarrollan con él, pero su base histórica se remonta a la antigua Grecia. Fueron Hipócrates, Galeno y otros precursores de la cineantropometria actual quienes filosofaron acerca de la forma humana y de sus interrelaciones con otras variables dividiéndose las biotipologías en cuatro escuelas que poseen métodos y objetivos distintos.

Hipócrates, cerca del año 4 a. c. presento la primer clasificación, y ensayo un esbozo de la composición corporal que tenía como elementos la sangre, bilis amarilla, bilis negra y flema; mismas que se relacionaban con tierra, aire, fuego y agua, su concepto de salud dependía del equilibrio de estos cuatro

Des de 1905 ya interesaba la valoración del panículo adiposo su importancia particularmente en el deporte. En 1921, Matiegka propuso un método antropométrico para fraccionar el peso corporal en sus cuatro componentes principales: masa grasa, masa ósea, masa muscular y masa residual.

Behnke al estudiar el problema de la solubilidad de los gases en el tejido adiposo, elaboro en 1942 el modelo de dos compartimientos que son: masa grasa y masa magra.

1953, perfecciono la definición de estos compartimientos mencionando que la masa magra contiene lípidos esenciales.

1987 – 1988 Ross propone una división de cinco compartimientos, que después lleva acabo junto con Kerr, mediante el estudio y disección de cadáveres, y los cuales son: masa grasa, masa muscular, masa de piel, masa ósea, masa residual. En este modelo ya la masa muscular no se infiere sino que se calcula a partir de circunferencias corregidas método que emplea el cálculo de mesomorfia, pero que se aplica en el cálculo de aéreas grasa y muscular por Gurney & Jelliffer (1973).

Además Ross en 1987, propone una división en cuatro regiones debido a las características específicas de cada una lo que permite su estudio por separado, cabeza, cuello, tronco, miembros superiores y miembros inferiores.

El termino cineantropometria tiende a remplazar a las denominaciones de biometría y antropometría. Su finalidad es el estudio de la de la estructura y morfología corporal, cuantificando el tamaño forma, proporción y composición del ser humano, relacionando la estructura con la función.

Cineantropometria: es la medida del hombre en movimiento deriva del griego :”kinesis” movimiento; “anthropos” hombre y “metrón” medida.

Ross y cols. (1980), lo definen como: la aplicación de la medida en el estudio del tamaño, forma, proporción, composición, maduración y funciones principales del ser humano en el contexto del crecimiento, ejercicio, rendimiento y nutrición.

En México los estudios morfológicos se inician formalmente en 1968 con los juegos olímpicos, sin embargo los mismos son escasos, sobre todo en los deportistas universitarios, aunque se encuentran algunas referencias y trabajos sobre la composición corporal realizados en el instituto de investigación sobre el trabajo de la Universidad de Guanajuato, León, Gto. Sobre las características morfofuncionales en un grupo de practicantes de montañismo de moderadas alturas. También, en la universidad autónoma de nuevo León se encuentra la realización de un perfil antropométrico de un equipo de fútbol americano de liga Mayor.

En 1987, Mario O. Sánchez s. reporta un “Estudio antropométrico en futbolistas profesionales y amateurs” en el cual se estudiaron a 63 futbolistas pertenecientes a los equipos de Ticomán (3Div) , Colima 2ª div y la selección amateur de México , con un rango de edad de 18 a 22 años y de 2 a 5 años de práctica en el fútbol profesional.

En 1990 reportaron una evolución morfofuncional de equipos tecos de fútbol profesional temporada 89 – 90, en el que refiere un porcentaje de grasa de 10.4% .

En el año de 1989 Mario O.S Sánchez S. y José A. López c. publican un estudio transversal sobre la evaluación del estado de salud y composición corporal de púberes involucrados en el programa de fútbol soccer.

J.A. Mendoza L. P.G: Morales Corral y R.A. Villareal de y publican su investigación, “seguimiento médico de un equipo de fútbol soccer” en el que se reportan datos de composición corporal.

Del Olmo menciona para los jugadores de fútbol soccer un somatotipo meso-endomorfo

Jose Luis Fernandez en 1991 publica un perfil morfológico en deportistas con distinto nivel de entrenamiento.

En 1996 , Jose L. Manificacio F. publica su tesis características morfológicas del jugador de fútbol soccer juvenil del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Toluca, 1996 en el que se estudiaron 25 jugadores de

futbol soccer con una edad promedio de 17.6  $\pm$  1.49 un peso de 64.16  $\pm$  8.03 kg y estatura de 1.70  $\pm$  0.05 m en la composición corporal , la formula siri dubin para determinar el porcentaje graso, el peso óseo se determino por la formula de von Dobein modificada por Rocha, para la masa visceral se utilizo la constante de wurch y el peso muscular la ecuación de Matiegka.

La dirección de medicina del deporte de la comisión nacional del deporte en su investigación nacional morfofuncional (PROYECTO SOMA) reporta para el futbol soccer:

EVALUACION	HOMBRES
PESO:	60 – 80KG
ESTATURA	165 / 185 (cm)
COMPOSICION CORPORAL	
Grasa	10%
Musculo	+50%

En reportes internacionales se encontró una investigación de Rienzi, Drust, Reilly, Carter y Martin “futbolista sudamericano de Elite : morfología, análisis promedio mesomorfo balanceado (2- 5 1/2n- 2).

Características antropométricas en jugadores internacionales de fut bol soccer:

VARIABLES ANTROPOMETRICAS	MEDIA	D.EST
ESTATURA m	1.77	$\pm$ 0.4 (RANGO(1.71-1.82)
PESO	74.5	$\pm$ 4.4 (Rango(65.5-79.3)
MASA MUSCULAR	47.9	$\pm$ 3.9 Rango (41.1 -55.2)
MASA MUSCULAR PORCENTUAL	63	$\pm$ 4.0 (61 – 64)

De Lorenzo betni , Iacopino Pagilato, C. Testollin y G. Testollin en su estudio : Determinación de la composición corporal en atletas masculinos altamente entrenados , una comparación de tres métodos diferentes: cuyo propósito es evaluar las diferentes absorciómetro dual de rayos x (adx) análisis de bioimpedancia bioeléctrica (BIA) y medición de los pliegues cutáneos (SFT)

El análisis de la composición corporal permite conocer las proporciones de los distintos componentes del cuerpo humano y su estudio constituye el eje central de la valoración del estado nutricional. La estimación del agua corporal total, de la masa grasa, de la masa libre de grasa y de la masa mineral ósea, permite la adecuada caracterización de la composición corporal, así como la asociación temprana entre la deficiencia o exceso de estos compartimientos.

## MODELOS DE COMPOSICIÓN CORPORAL

Los componentes del cuerpo humano se distribuyen en cinco niveles de organización: atómico, molecular, celular, tisular y corporal, correspondiendo la suma de ellos al peso corporal total. El nivel atómico está formado principalmente por elementos que son responsables de más del 99% del peso total (minerales, electrolitos, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno). Estos elementos se combinan para formar compuestos químicos que se agrupan en categorías que definen el nivel molecular, siendo sus principales componentes el agua, los lípidos, las proteínas, los minerales y los carbohidratos.<sup>(46)</sup>

Las mediciones directas de composición corporal en humanos vivientes no son factibles, pero han sido desarrollados varios modelos para la estimación indirecta de los constituyentes del cuerpo. El modelo químico de dos componentes fue utilizado primariamente en el estudio de las relaciones de composición corporal y performance física. Este modelo divide al cuerpo en masa grasa y masa magra. La grasa es un componente a nivel molecular, que no debe ser confundida con células grasa o tejido adiposo, que son componentes celulares y tisulares de la composición corporal.<sup>(46)</sup>

Los términos grasa y lípidos son generalmente confundidos por tanto se tiene que destacar que la grasa refiere a la familia de componentes químicos llamados triglicérido y muchos otros componentes, por ej: glicerofosfátodos y esfingolípidos.<sup>(46)</sup>

En el modelo químico de dos componentes está presente el componente graso, históricamente ha incluido todos los lípidos, y todos los demás constituyentes corporales están incluidos en Masa magra. En modelos químicos más complejos,

de tres o cuatro componentes, Masa magra está subdividida en sus principales constituyentes: agua, minerales y proteínas. Por lo tanto, en la composición corporal hay métodos estandarizado que se puede dividir en:

## DIRECTOS

Diseción de cadáveres y análisis anatómicos y químicos de sus componentes.

## INDIRECTOS:

Densitometría.

- Determinación del agua corporal total.
- Determinación del potasio total.
- Absorciometría fotónica dual.
- Modelos cineantropométricos (fraccionamiento antropométrico en cuatro masas corporal- Drinkwater, Ross; modelo geométrico, Drinkwater; fraccionamiento antropométrico en cinco masas corporales, Kerr y Ross).
- Determinación de: Creatina plasmática total; Excreción de creatina urinaria; Excreción de 3 metil-histadina endógena.
- Topografía axial computada (TAC).
- Resonancia magnética nuclear (RMN).

## DOBLEMENTE INDIRECTOS:

- Antropometría (y obtención de fórmulas de regresión a partir del modelo densitométrico, para obtener un mayor de densidad corporal y de allí el % de masa grasa).
- Bioimpedancia eléctrica.

## BIOIMPEDANCIA

El principio en el que se basa el uso de la impedancia bioeléctrica para valorar la composición corporal es la relación de la composición corporal con el contenido de agua del cuerpo. Como todos los métodos de composición corporal, la impedancia bioeléctrica depende de varias premisas estáticas y relaciones dinámicas con respecto a las propiedades eléctricas del cuerpo; su composición, hidratación y densidad; así como edad, raza, sexo y condición física de las personas valoradas<sup>(47)</sup>

Los primeros estudios de la impedancia bioeléctrica y la composición corporal se centraron en la relación entre impedancia y agua corporal total y variables

fisiológicas como la función tiroidea, el Índice metabólico basal, la actividad estrogénica y el flujo sanguíneo.<sup>(47)</sup> Nyboer informa por primera vez las estimaciones de la impedancia del agua corporal total a una frecuencia de corriente de 50 kHz utilizando el índice  $S^2/R^*$ . Ésta es la frecuencia para la reactancia máxima para el tejido muscular, y algunos estudios midieron también  $X_c$  a 50 kHz para diferenciar cantidades de agua corporal total entre las personas. Thomasset y, Ducrot, fueron algunos de los primeros investigadores que describieron la proporción entre agua extra celular y agua corporal total utilizando los cocientes de impedancia bioeléctrica medida en frecuencias distintas.<sup>(48)</sup>

A mediados del decenio de 1980, aparecieron los primeros analizadores de impedancia comerciales, junto con numerosos informes para el uso de estas máquinas en la valoración de la composición corporal. Los criterios metodológicos disponibles entonces eran la densidad corporal a partir del pesaje bajo el agua y el agua corporal total con base en los modelos de dos componentes de Siri y Brozek observaron la relación entre impedancia y masa libre de grasa, agua corporal total y la gordura corporal en niños y adultos. Además, fueron referidos Estudios de resistividad específica, la asociación del ángulo de fase y la reactancia con la composición corporal y las mediciones segmentarias de Impedancia. Estos estudios y muchos otros informes en su momento establecieron relaciones de predicción de  $S^2/R$  con agua corporal total y masa libre de grasa y muchas de estas ecuaciones están aún en uso.<sup>(49)</sup>

La impedancia es la resistencia, dependiente de la frecuencia, de un conductor al flujo de una corriente eléctrica alterna. La impedancia se determina por la relación vectorial entre la resistencia ( $R$ ) y la reactancia ( $X_c$ ) medida en una frecuencia de corriente de acuerdo con la ecuación  $Z^2 = R^2 + X_c^2$ . La resistencia es la oposición pura del conductor a la corriente alterna, y la reactancia es el componente dieléctrico de la impedancia. Los valores de resistencia y reactancia dependen de la frecuencia de la corriente eléctrica. A una frecuencia baja, la impedancia es igual a la resistencia y la reactancia es cero. A medida que aumenta la frecuencia de la corriente, ocurre reactancia si existen vías múltiples de corriente dentro del conductor y algunas de éstas retardan la corriente más que otras. El valor de la reactancia aumenta con la frecuencia, pero alcanza un máximo a una frecuencia específica que depende de la composición del conductor. Después, la reactancia cae conforme la frecuencia continúa aumentando, de manera que en una cierta frecuencia alta de impedancia para ese conductor vuelve a ser igual a la resistencia solamente, el vector de impedancia crea un ángulo con el vector de la resistencia a medida que cambia la frecuencia de baja a alta.<sup>(50)</sup>

Éste es el ángulo de fase, y es el arco tangente del cociente de la reactancia y la resistencia, o  $X_c/R$ . Las relaciones geométricas entre la forma de un conductor y su resistencia de acuerdo con la ley de Ohm son importantes para comprender la aplicación de la impedancia bioeléctrica a la valoración de la composición corporal. La resistencia es proporcional a la longitud de un conductor e inversamente proporcional a su área transversal. Esto significa que un conductor largo tendrá mayor resistencia que uno corto, y que un conductor con un área transversal pequeña tendrá una mayor resistencia que uno con un área más amplia.<sup>(47)</sup> Si se hacen las sustituciones algebraicas en la siguiente fórmula, el volumen del conductor puede estimarse a partir del cociente de su longitud elevada al cuadrado y dividida entre su resistencia.

Volumen del conductor (V) =

Longitud (L) X área (A)

$$A \cdot V/L \text{ Resistencia (R)} = \rho (L/A) \quad R = \rho L(L/V) \quad V = \rho L^2/R$$

Esta relación volumétrica asume que el conductor tiene una forma uniforme y que la corriente se distribuye de manera uniforme en todo el conductor. La resistividad específica, o  $\rho$ , en esta fórmula volumétrica es una cualidad eléctrica de un conductor homogéneo, independiente de su tamaño o forma, y tiene unidades de ohm.cm, es una propiedad física constante similar a la densidad relativa. Al sustituir la estatura de una persona (S) por la L en la ecuación anterior, entonces el índice de impedancia,  $S^2/R$  es proporcional al volumen corporal. <sup>(49)</sup>

Como resultado, las estimaciones de la Impedancia de la composición corporal en las que se usan medidas provenientes del tronco, o que lo Incluyen, deben verse con cautela.<sup>(47)</sup>

Las primeras medidas de Impedancia fueron tomadas con el sujeto en posición supina y los electrodos conectados a la mano-muñeca derecha y al pie-tobillo derecho la razón fundamental de la posición supina fue contrarrestar los efectos de la gravedad que tienden a secuestrar el agua corporal en las piernas mientras el sujeto está de pie. En parte debido al uso de los analizadores de impedancia segmentaria y de impedancia de frecuencia múltiple, las mediciones ahora se toman de una mano a la otra o de un pie al otro con el sujeto de pie o en posición supina, dependiendo del modelo y fabricante del analizador de impedancia utilizado.<sup>(48)</sup>

La desproporcionalidad del cuerpo en términos de su tamaño, forma y composición entre las extremidades y el tronco afecta las mediciones de impedancia. La capacidad de predecir gordura en sujetos muy obesos sigue siendo un problema ya que tienen una proporción mayor de masa corporal y agua corporal en el tronco, la hidratación de la masa libre de grasa mayor en los obesos y la proporción entre agua extra celular y agua intracelular está aumentada en los obesos.

Los analizadores de impedancia de una sola frecuencia no permiten distinguir la distribución del agua corporal en sus compartimientos intra y extracelulares. La capacidad de la impedancia de frecuencia múltiple de diferenciar el agua total corporal en agua intracelular y agua extra celular es potencialmente importante para describir los cambios y el equilibrio de líquidos y explorar las variaciones en los niveles de hidratación. La significancia clínica de ser capaz de medir el agua extracelular es considerable.<sup>(49,50,51)</sup>

Los valores de impedancia medidos en un espectro de frecuencias, en varias frecuencias discretas, o alguna combinación de éstas, pueden explicar las variaciones interindividuales en la composición corporal con más precisión que la impedancia medida en una sola frecuencia. La combinación de frecuencias más adecuada y los métodos de variación múltiple que usan valores de impedancia de frecuencia múltiple en la estimación de la composición corporal es aún examinado y modelado. Se han usado pares y proporciones de valores de impedancia de baja a alta frecuencia para explorar las variaciones en los niveles de hidratación y para diferenciar las enfermedades. En fecha más reciente, se ha usado la impedancia de frecuencias múltiples para estimar la composición corporal en personas normales y aquellas con enfermedad crónica <sup>(51)</sup>

En general, la impedancia de frecuencias múltiples no ha mejorado las estimaciones de la composición corporal en comparación con el uso de la impedancia de frecuencia única, pero ha permitido obtener estimaciones exactas y precisas de agua corporal total y agua extracelular, que eran limitadas con la impedancia de frecuencia única de 50 kHz. Los analizadores de impedancia de frecuencia múltiple se usan en la investigación y ámbitos clínicos, sobre todo en el área de enfermedad renal terminal y prescripción de diálisis y seguimiento médico deportivo <sup>(49, 51)</sup>

## COMPOSICION CORPORAL Y POTENCIA ANAERÓBICA EN EL DEPORTE

En un estudio sobre 61 futbolistas profesionales que entrenaban regularmente se encontró una correlación de 0.56 entre la potencia anaeróbica media medida por el test 40" y la masa muscular (M.M.) determinada por la aplicación del método de Drinkwater y Ross (Narvárez Pérez, Álvarez casado, Zabala barbneri,1984) además se encontró una  $r = 0.65$  entre potencia anaeróbica y longitud de miembros inferiores y entre esta ultima y la masa muscular una  $r = 0.73$

En un trabajo de comparación de potencia anaeróbica y variables antropométricas (Huck 1992) con 38 voleibolistas de equipos nacionales sudamericanos se encontró que las diferencias halladas entre los grupos en la producción de potencia anaeróbica se debió a las diferencias existentes en las masas corporales las diferencias en kg de M.M. fue significativa con  $f=7.66$  a favor con el equipo con mejores resultados en la producción de potencia anaeróbica.

En una investigación sobre futbolistas amateurs (Club Velez Sarfield) de 7<sup>o</sup> y 6<sup>o</sup> división (16 -17 años ) se encontró una correlación  $r = 0.82$ , entre la masa magra y la potencia anaeróbica (test de saltar y alcanzar, formula de Lewis), no así los test de 40 segundos – la masa magra  $r = 0.45$  ; y masa magra – 50 m;  $r = 0.42$

En otro estudio en futbolistas juveniles se midieron 31 sujetos de  $18.6 \pm 0.19$  años. Las variables funcionales evaluadas fueron: la Potencia Aeróbica por medio del test de Cooper, la Potencia Anaeróbica Láctica (PAL) con el test de 40 segundos (40 SEG) y la Potencia Anaeróbica Aláctica (PAA) con los tests de 60 metros (60 MTS) y saltar y alcanzar (SyA). Se determinó indirectamente la potencia anaeróbica en watts a través de la ecuación de Sayers y el consumo máximo de oxígeno a través de la ecuación de Cooper. En cuanto a las variables antropométricas se midió: peso (kg), talla (cm), talla sentada (cm), perímetros (cm) y pliegues (mm). Se calcularon las variables indirectas de % Masa Muscular (% MM), % Masa Grasa (% MG), Masa Muscular en kg (MM kg) y Masa Grasa en kg (MG kg) con el método de 5 Componentes de Kerr. El método de investigación fue analítico - descriptivo y de tipo transversal. Se utilizó test Student y se cruzaron variables a través de la correlación de Pearson. Se encontró una correlación importante entre % MM y 60 MTS (-0.73); % MM y SyA (0.80). De otra manera entre % MM y 40 SEG la correlación fue pobre (0.28).

Sin embargo en la universidad autónoma del estado de México no se encontró ninguna referencia bibliográfica sobre estudios composición corporal comparados

con la potencia anaeróbica relativa en futbolistas juveniles pertenecientes a la universidad; en los cuales se determine la relación.

En reportes internacionales se encontró una investigación de Rienzi, Drust, Reilly, Carter y Martin "futbolista sudamericano de Elite : morfología, análisis promedio mesomorfo balanceado (2- 5 1/2n- 2). (52)

De Lorenzo betni , Iacopino Pagilato, C. Testollin y G. Testollin en su estudio : Determinación de la composición corporal en atletas masculinos altamente entrenados , una comparación de tres métodos diferentes: cuyo propósito es evaluar las diferentes absorciometría dual de rayos x (adx) análisis de bioimpedancia bioeléctrica (BIA) y medición de los pliegues cutáneos (SFT).

La comparación de jugadores de la Liga Inglesa con deportistas de Olimpiadas de 1960 (Tanner 1964), mostró que los futbolistas se asemejaban en peso y circunferencias de muslos a saltadores de valla de 400 mts, pero eran más bajos y tenían mayor masa grasa. Los perímetros de muslos, pantorrilla y los pliegues cutáneos se aproximan a los valores de los atletas de salto triple, los cuales eran más livianos y más altos (Reilly).(51)

En una investigación que se realizó en la Copa América, organizada por Uruguay, se obtuvo que el valor medio de Masa Muscular es algo mayor que los valores observados para deportistas varones de potencia, de nivel universitario, reportados previamente utilizando la misma ecuación. Así mismo se encontró que la mayor masa muscular expresada en kilogramos favoreció a los Arqueros, con respecto a los jugadores de campo. Encontrando los menores valores en los Volantes Ofensivos.(17,29)

Cuando este valor se transformó en porcentaje de masa muscular los valores más altos lo obtuvieron los Delanteros Laterales, a pesar de que sus valores no fueron estadísticamente diferentes de los jugadores en otras posiciones. (17,51)

Estudios realizados en la ciudad de México aportan información sobre el análisis a un grupo de futbol soccer Los valores promedio de los tejidos adiposo y muscular en kilogramos y porcentaje para los deportistas calificados según (Martirov 1975) para futbol son grasa 7.57 en porcentaje 10,25 para el musculo 37.56kg y un porcentaje de 50.70% con una estatura de 171.9cm y un peso de 70.1kg (citado por Karpman 1989).(29,50)

PORCENTAJE DE MAMA MUSCUAR DE JUGADORES FUTBOL ASOCIACION DE LA TERCERA DIVISION EN DIVERSOS ESTUDIOS

	1	2	3	4	5
Arqueros	46.5	51.42	48.7	42.5	45.87
Defensa	48.1	52.06	49.4	42.53	47.19
Volante	49.0	50.3	48.2	42.58	46.8
Delantero	49	50.2	49.2	44.52	47.7

- 1.- Equipo de Mendoza con participación en nacional baño 1997
- 2.-Selección nacional Argentina mayor sobre %MM 1997 -1998
- 3.- Masa Muscular jugadores Juveniles del Club Atlético Lanús.2003
- 4.- Masa Muscular (%) en jugadores de Primera división de la provincia de Mendoza .1998
- 5.- Masa Muscular (%) en jugadores amateurs de Primera División, Liga Catamarqueña de Fútbol 2001

No se encontraron estudios de la masa muscular por método de bioimpedancia en relación con la potencia anaeróbica en jugadores de futbol asociación.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La masa muscular se encuentra estrechamente relacionada con la cantidad de fuerza que pueda ejercer un atleta y a su vez a la potencia anaeróbica, diversos estudios muestran dicha concordancia, para el fútbol por su gesto de predominio anaeróbico con utilización del tren inferior como gesto principal, la potencia anaeróbica nos puede reflejar una condición física del atleta y es de interés.

¿Conocer cuál es la relación que se tiene entre el porcentaje de masa muscular con respecto a la potencia anaeróbica relativa en jugadores de Fútbol Asociación Tercera División UAEM TEMPORADA 2010 - 2011?

## JUSTIFICACION

El futbol es uno de los deportes más populares en el mundo y el que se practica con mayor frecuencia en nuestro país de forma profesional y amateur por tanto es de gran interés el conocer y determinar las capacidades físicas y biomecánicas que determinan una mejora en el desempeño de los atletas dentro de un partido de futbol. Y con esto lograr una intervención positiva en el deporte. Tanto en la selección de atletas como en el seguimiento médico deportivo en todas las fases del entrenamiento.

Teniendo presente que el futbol es un deporte de conjunto, intervalado y acíclico, con un metabolismo energético mixto predominantemente aeróbico en el que las jugadas críticas se desarrollan con un metabolismo anaeróbica este estudio pretende relacionar el tejido muscular y la potencia anaeróbica.

Tomando en cuenta que el tejido muscular interviene de forma directa en toda actividad física y deportiva. Se pretende informar el grado de relación que se tiene en el porcentaje de masa muscular de los futbolistas con el metabolismo anaeróbico que es una de las rutas metabólicas destacadas y determinantes en el desempeño del futbol. Ya que las jugadas de vital importancia son ejecutadas con movimientos rápidos y cortos en los que su metabolismo es predominantemente anaerobio. No contando con estudios de relación de masa muscular con potencia anaeróbica a través del método de bioimpedancia.

Por lo tanto el estudio intenta generar una base de datos que sirvan para establecer varemos, además de ayudar a tener y mantener un adecuado control médico deportivo; para dicho estudio se cuenta con la infraestructura y los jugadores de dicha categoría por lo que es viable y factible el estudio.

## **HIPOTESIS**

Existe una correlación directa en el porcentaje de musculo con la potencia anaeróbica hasta de un 80% en los jugadores de tercera división de futbol asociación UAEM Toluca temporada 2010 - 2011

UNIDAD DE OBSERVACIÓN :

Jugadores de futbol asociación de tercera división de la Universidad Autónoma del Estado de México.

VARIABLE INDEPENDIENTE

Porcentaje de masa muscular.

VARIABLE DEPENDIENTE:

Evaluación de potencia anaeróbica.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Describir la relación del porcentaje de masa muscular con la potencia anaeróbica en los jugadores de fútbol asociación de tercera división UAEM temporada 2010 – 2011.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Conocer el porcentaje de masa muscular de jugador de tercera división UAEM temporada 2010 – 2011 por método de bioimpedancia.

Determinar la potencia anaeróbica relativa de los jugadores de tercera división UAEM temporada 2010 – 2011.

Identificar el porcentaje de masa muscular por posición de jugador de tercera división UAEM temporada 2010 – 2011

Establecer la potencia anaeróbica relativa por posición de jugador de tercera división UAEM temporada 2010 – 2011

Determinar la relación entre porcentaje de masa muscular y potencia anaeróbica relativa en los jugadores de tercera división UAEM temporada 2010 – 2011 por posición de juego.

Identificar el porcentaje de masa muscular y potencia anaeróbica relativa por edad cronológica.

Relacionar la potencia anaeróbica por masa libre de grasa segmental en tren inferior en los jugadores de tercera división UAEM temporada 2010 – 2011.

## **MÉTODO**

### **TIPO DE ESTUDIO**

Es un estudio prospectivo, transversal, descriptivo, observacional.

### **OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

#### **UNIVERSO DE TRABAJO**

El universo de trabajo son los 17 jugadores de futbol asociación de la tercera división de la Universidad Autónoma del Estado de México registrados hasta el momento del estudio. ,

No existiendo muestra, la población abarcada fue de 17 jugadores de futbol asociación de la Universidad Autónoma del estado de México, Toluca tercera división.

#### **CRITERIOS DE INCLUSION**

- Que sean jugadores de futbol asociación 3 división UAEM Toluca. Temporada 2010- 2011.
- Aceptar voluntariamente por escrito su participación en este estudio y de ser necesario estudios complementarios.
- Con 6 meses de entrenamiento ininterrumpido.
- No tener lesiones osteo-musculares en miembro pélvico.
- Presentar el consentimiento informado firmado.
- Sexo masculino.

#### **CRITERIOS DE EXCLUSION**

- Deportistas lesionados de miembro pélvico
- Deportista no coopera
- Presentar material de osteosíntesis

#### **CRITERIOS DE ELIMINACION**

- Presentar lesiones en miembro pélvico durante la ejecución de la prueba
- Que no se obtenga la totalidad de la información
- No presentarse el día del estudio.

## **INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

- 1.- CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN UN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN MÉDICA (ANEXO 1)
- 2.- CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO (ANEXO 2)
- 3.- FORMATO DE HISTORIA CLÍNICA.(ANEXO 3)
- 4.- EVALUACIÓN DE POTENCIA ANAERÓBICA(ANEXO 4)
- 5.- COMPOSICIÓN CORPORAL POR BIOIMPEDANCIA(ANEXO 5)

PLATAFORMA ANAEROBICA "MICHECEVI"

BIOIMPEDANCIA: In'Body 720

ESTADIMETRO: SECA 214

## **DESARROLLO DEL PROYECTO**

Se solicita evaluación morfofuncional en el Centro de Medicina de la Actividad Física y el Deporte UAEM Toluca para los atletas en el que se presentan con 24 hrs de descanso, bien hidratados, con ayuno de 3 hrs o en su defecto alimentos ligeros, con ropa deportiva.

Una vez que ingresan los atletas al centro, se verifica que los atletas cumplan con los requisitos para evaluarse, posteriormente se firma consentimiento informado y se adjunta a su expediente historia clínica, se les da una breve pero concisa explicación, de que consiste cada una de las pruebas.

La primer prueba que se realiza es la composición corporal bioimpedancia, posteriormente se realiza la prueba de potencia anaeróbica plataforma anaeróbica MICHECEVY.

## COMPOSICION CORPORAL BIOIMPEDANCIA

Se mide al paciente en plano de Frankfort con estadímetro de pared, después el atleta se colocan en posición de bipedestación sobre el equipo de bioimpedancia, se registra el peso y con una abducción de la articulación escapulo- humeral de 30° aproximadamente, se utilizaron 8 electrodos situados en: pies (metatarsos – calcáneo) y manos (metacarpianos 2 y 5 dedo y falange del pulgar) la frecuencia de inducción se valoro con 6 intensidades diferentes (1, 5, 50, 250,500khz y 1 MHz), con una estimación de la masa de grasa de 0.1 kg (0,1%).

## POTENCIA ANAEROBICA

La medición de la potencia anaeróbica se realiza en la plataforma de contacto michecevi con el tests squat jump donde se les pide a los evaluados que inicien con calentamiento de miembro inferiores superiores y tronco posteriormente se pide que se coloquen sobre la plataforma, con las piernas en semiflexion para iniciar 10 saltos continuos sin parar, cuando escuchen el vip realizando su mayor esfuerzo para alcanzar una altura máxima, sin flexión de rodillas en el aire, durante la evaluación del mismo, y con el menor tiempo de contacto posible en la plataforma, sin salirse de la misma y si asi lo hiciera no interrumpiera la secuencia.

## LÍMITE DE TIEMPO Y ESPACIO

Se realizará en el Centro de Medicina de la Actividad Física y el Deporte en las fechas de agosto 2010

## CRÓNOGRAMA

	2010 A,S,O,N, D	2011 E,F,M, A	2011 M,J,J, A	2011 S,O,N, D	2012 E,F,M, A	2012 M,J,J, A	2012 S,O,N, D
Recolección de información bibliográfica		X	X	X			
Presentación de protocolo						X	
Realización de evaluación	X	x					
Recolección de datos			x				
Análisis estadísticos						X	
Resultados							X
Presentación de tesis							X

## **DISEÑO DE ANALISIS**

Se realiza un análisis con medidas de tendencia central, que se realizara a través de software Office. Excel.

## **IMPLICACIONES ÉTICAS**

Se entrega una carta de consentimiento informado en donde se solicitó la participación del jugador en el trabajo de investigación, dando a conocer la información acerca de los riesgos y beneficios de su participación en el estudio.

Se explicó a cada uno de los jugadores de fútbol asociación tercera división UAEM en qué consistía el estudio, en donde se les hace referencia a su libertad de movimientos, de cargas de ejercicio y de recuperación y no se ingreso sustancias extrañas o desconocidas al organismo.

Se les informo que el análisis de las gráficas proporcionaría información importante para las decisiones de la planificación del entrenamiento y en los siguientes encuentros, de acuerdo al grado de fatiga y recuperación del jugador.

Así mismo se le informo la posibilidad de retirarse de forma voluntaria del trabajo de investigación, sin que ello repercutiera en su participación como integrante del equipo de fútbol asociación tercera división UAEM, en los eventos deportivos de la Universidad.

## **ORGANIZACIÓN**

DIRECTOR DE TESIS: M.C.E.M.D.HECTOR MANUEL TLATOA RAMIREZ

TESISTA: VELAZQUEZ MUÑOZ JAVIER ALEJANDRO

## PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO

El estudio será financiado por el centro de medicina de la actividad física y deporte siendo un costo por deportista:

Consulta por jugador      150 pesos

Bioimpedancia:              150 pesos

Plataforma anaeróbica : 250 pesos

Total por atleta =          550 pesos

Total grupal =              9, 350 pesos

## TABLA DE RESULTADOS Y GRAFICAS

**TABLA N°1 DE RESULTADOS GENERAL DE JUGADORES FUTBOL SOCCER  
POTROS TERCERA DIVISION UAEM TOLUCA 2010- 2011 GENERAL**

JUGADOR	POSICION	MASA MUSC.%	POTENCIA ANAE. RELA	EDAD CRONOL	TIEMPO ENTRENANDO
VHR	DELANTERO	49,8	13,4	18	10
EDB	DELANTERO	46,7	9,2	16	12
JCV	DELANTERO	48,5	11,2	15	8
MAB	MEDIO	45,2	5,2	18	9
JDO	MEDIO	50	11,1	17	10
DSG	MEDIO	47	9,9	15	9
RB	DELANTERO	46,9	11,5	17	8
HSJ	DEFENSA	51,6	13,2	16	9
MOM	MEDIO	50,7	11,1	18	11
MM	DEFENSA	49,2	14	17	10
AVA	DEFENSA	49	21,9	18	14
NSF	PORTERO	50,2	6,5	18	10
AM	DEFENSA	46,5	16,8	16	7
GZ	MEDIO	49,4	9	18	8
JA	DEFENSA	51,6	8,3	18	8
AGS	DEFENSA	49,6	9	17	7
VE	DEFENSA	48,4	7,4	14	5
	Promedio	48,8411765	11,1	16,8235294	9,11764706
	Moda	51,6	11,1	18	10
	Desviación Estándar	1,84765352	4,0216601	1,28623939	2,08813173

P.A. vs M.M.	0,07780291	Muy baja
P.A. vs E.C.	0,06162019	Muy baja
P.A. vs T.E.	0,45324608	Baja

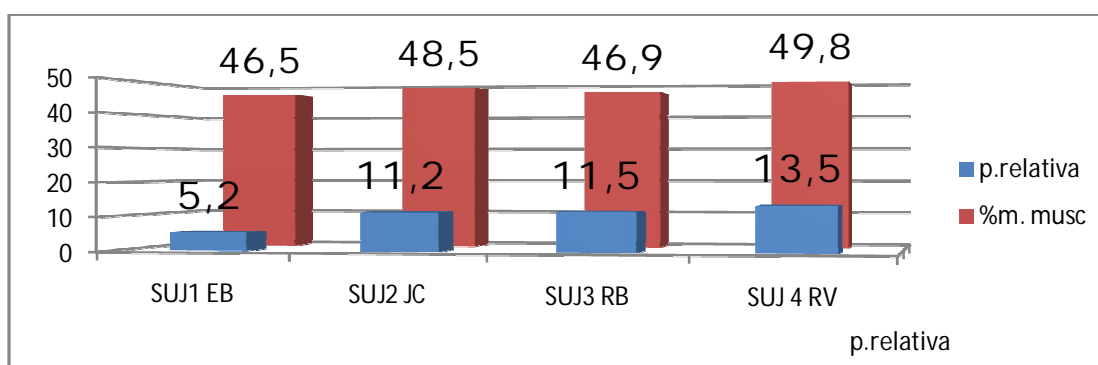
## RESULTADOS POR POSICION DE JUEGO

**TABLA Nº 2 RESULTADOS DE POSICION: DELANTEROS**

JUGADOR	POSICION	MASA MUSCULAR%	POTENCIA ANA RELA	EDAD CRONOLOG	TIEMPO ENTRENANDO
VHR	DELANTERO	49,8	13,4	18	10
EDB	DELANTERO	46,7	9,2	16	12
JCV	DELANTERO	48,5	11,2	15	8
RB	DELANTERO	46,9	11,5	17	8
	Promedio	47,975	11,325	16,5	9,5
	Moda				8
	Desviación estándar	1,459166429	1,71925371	1,29099445	1,91485422
	Valor máximo	49,8	13,4	18	12
	Valor mínimo	46,7	9,2	15	8

P.A. vs M.M.	0,82945436	muy buena
P.A vs E.C.	0,66830454	buena
P.A. vs T.E.	-0,4404456	negativa

**GRÁFICA 1: MASA MUSCULAR Y POTENCIA ANAEROBICA RELATIVA EN JUGADORES DE FUTBOL ASOCIACION 3ª. DIVISION POSICION DELANTERO**



Fuente (TABLA Nº 2 de Resultados)

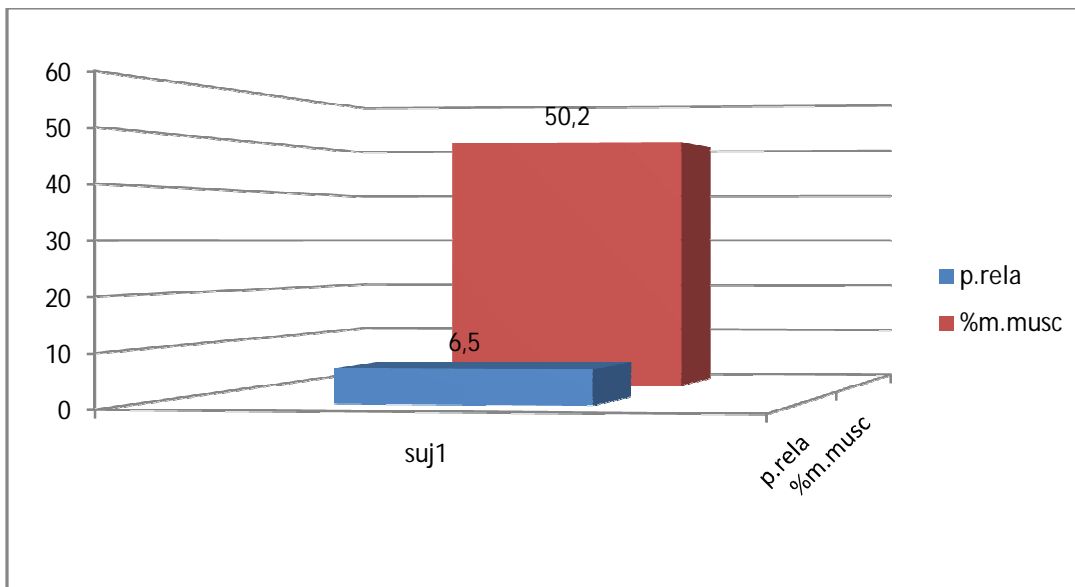
Con estas graficas se observa claramente que con forme aumenta el porcentaje de masa muscular aumenta la potencia anaeróbica de los atleta, teniendo promedio de 47.975 % de masa muscular, con un valor máximo de masa

muscular de 49.8 % y valor mínimo de 46.7% encontrando una correlación de 0.8294 que con forme a valores de pearson es muy buena.

**TABLA Nº 3 RESULTADOS ENCONTRADOS EN POSICION: PORTERO**

JUGADOR	POSICION	MASA MUSCULAR%	POTENCIA ANA RELA	EDAD CRONO	TEMPO ENTRE
NSF	PORTERO	50,2	6,5	18	10

**GRÁFICA 2: MASA MUSCULAR Y POTENCIA EN JUGADORES DE FUTBOL ASOCIACION 3ª. DIVISION POSICION PORTERO**



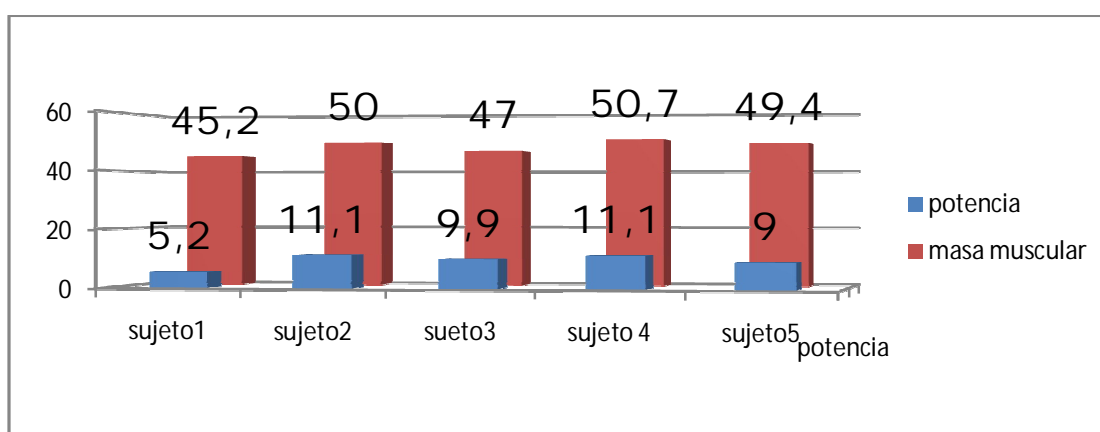
FUENTE (TABLA Nº 3 RESULTADOS)

Ver en esta grafica se observa que no hay una correlación significativa entre la masa muscular y la potencia anaeróbica.

### TABLA DE RESULTADOS Nº4 ENCONTRADOS EN POSICION MEDIOS

JUGAOR	POSICION	MASA MUSC %	POTENCIA ANA RELA	EDAD CRONO	TIEMPO ENTRE
MAB	MEDIO	45,2	5,2	18	9
JDO	MEDIO	50	11,1	17	10
DSG	MEDIO	47	9,9	15	9
MOM	MEDIO	50,7	11,1	18	11
GZ	MEDIO	49,4	9	18	8
	Promedio	48,46	9,26	17,2	9,4
	Moda		11,1	18	9
	Desviacion estandar	2,29303293	2,43577503	1,30384048	1,14017543
	Valor maximo	50,7	11,1	18	11
	Valor minimo	45,2	5,2	15	8
	P.A. vs M.M.		0,85098195		muy buena
	P.A vs E.C.		-0,2959826		negativa
	P.A. vs T.E.		0,52030619		buena

**GRÁFICA 3: MASA MUSCULAR Y POTENCIA EN JUGADORES DE FUTBOL ASOCIACION 3ª. DIVISION POSICION MEDIO**



FUENTE (TABLA DE RESULTADOS: Nº 4)

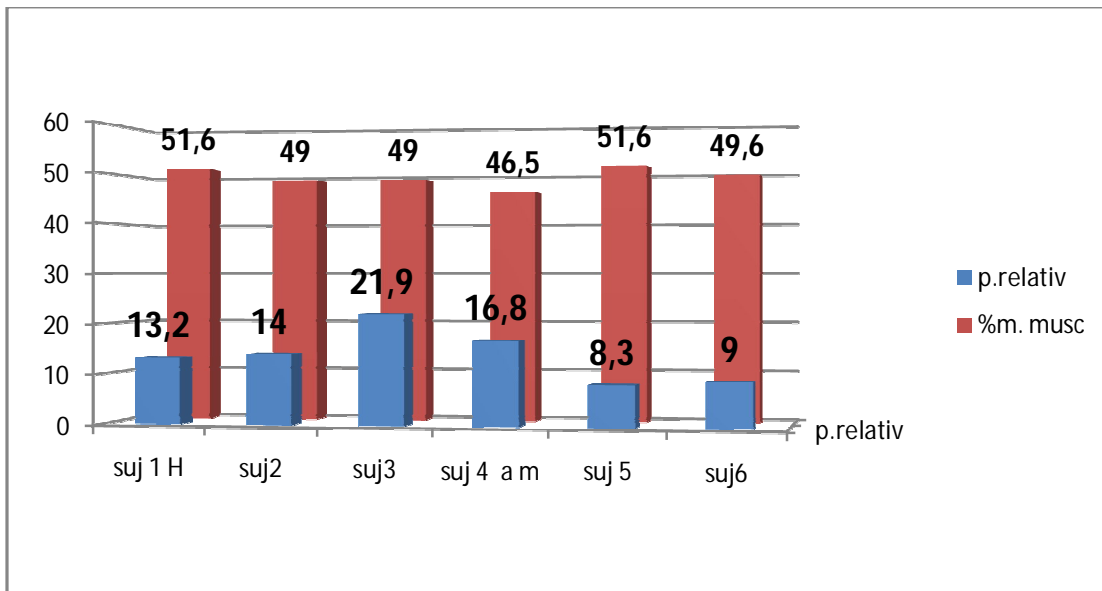
En la grafica 4 se observa como los atletas que tienen un porcentaje de masa muscular alto.asi mismo la potencia anaeróbica se correlaciona con la misma, teniendo un promedio de masa muscular 48,46% y potencia anaeróbica relativa 9.26 watts/kg, edad 17.2 con desviación estándar 2,293. Con valor máximo de masa muscular 50.7 % mínimo 45.2%; potencia anaeróbica con valor maximo11.1 valor mínimo: 5.2 con una correlación entre P.A. vs MM: 0.8509 PEARSON MUY BUEN.

TABLA N°5 DE RESULTADOS ENCONTRADOS EN POSICION DEFENSA.

JUGADOR	POSICION	MASA MUSC	POTENCIA ANA RELA	EDAD CRONO	TIEMPO ENTRE
HSJ	DEFENSA	51,6	13,2	16	9
MM	DEFENSA	49,2	14	17	10
AVA	DEFENSA	49	21,9	18	14
AM	DEFENSA	46,5	16,8	16	7
JA	DEFENSA	51,6	8,3	18	8
AGS	DEFENSA	49,6	9	17	7
VE	DEFENSA	48,4	7,4	14	5
	Promedio	49,4142857	12,9428571	16,5714286	8,57142857
	Moda	51,6		16	7
	Desviación estándar	1,79483386	5,2299959	1,39727626	2,87849167
	Valor máximo	51,6	21,9	18	14
	Valor mínimo	46,5	7,4	14	5

P.A. vs M.M.	-0,35287	Negativa
P.A vs E.C.	0,38380654	Mala
P.A. vs T.E.	0,8062769	Muy buena

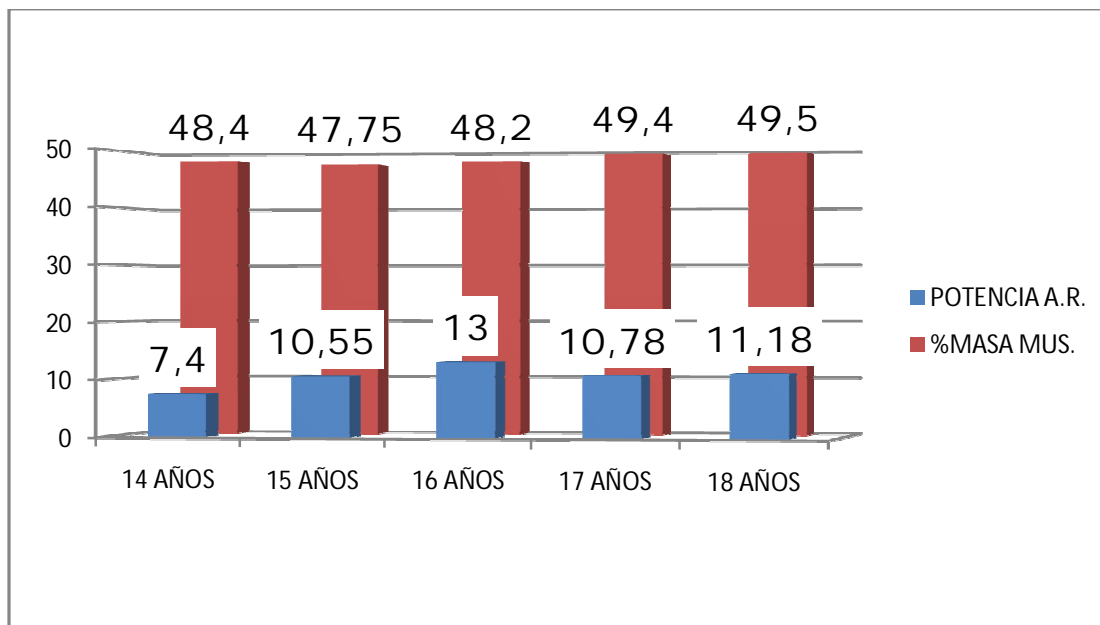
**GRÁFICA 4: MASA MUSCULAR Y POTENCIA EN JUGADORES DE FUTBOL ASOCIACION 3ª. DIVISION POSICION DEFENSAS**



FUENTE (TABLA DE RESULTADOS N 5)

En esta grafica se observa un promedio de masa muscular 49,41% y de potencia anaeróbica de 12,9 watts/kg edad 16,5 , moda 51,6 , Desviación estándar 1,79 con valor máximo de masa muscular 51,6 % , mínimo de 46.5% valor máximo de potencia anaeróbica relativa. 21,9 watts/kg y mínimo 7,4 watts /kg. Con una correlación entre masa muscular y potencia anaeróbica de -0.352. considerada baja

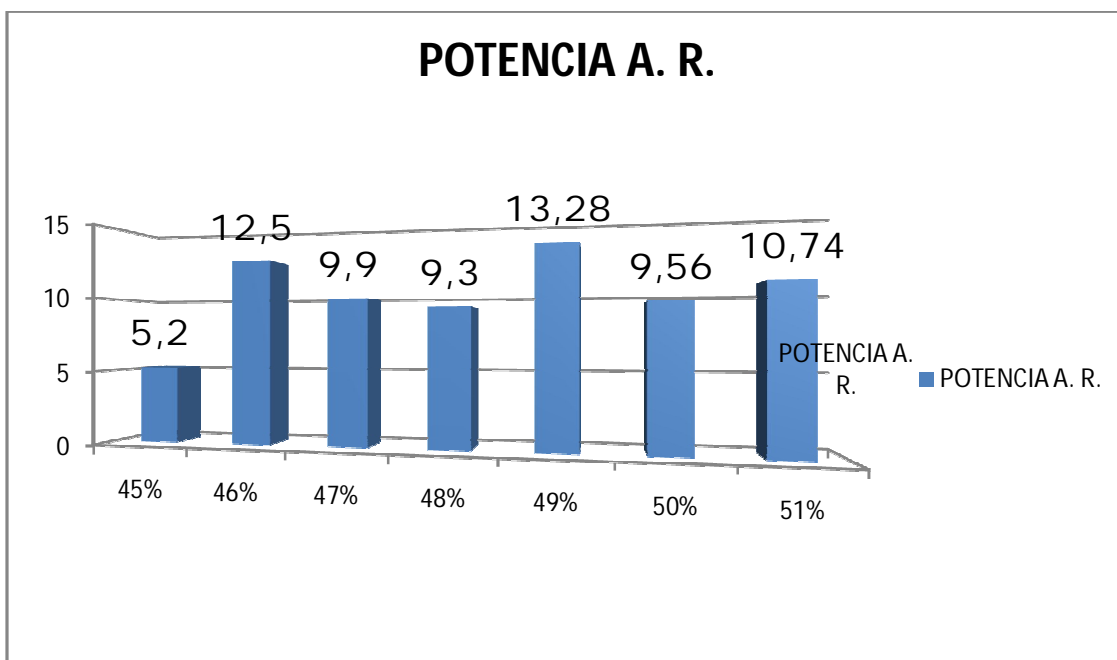
**Grafica 5 POTENCIA ANAEROBICA RELATIVA vs MASA MUSCULAR POR EDAD CRONOLOGICA**



FUENTE (TABLA DE RESULTADOS N° 1)

En estas graficas se observa como la potencia anaeróbica y la masa muscular va aumentado con forme aumenta la edad cronológica, con un promedio en la edad 16.8, Moda en edad 18 años, Desviación estándar: 1,847, una correlación de masa muscular y potencia 0.0616 Pearson baja

**Grafica 6 POTENCIA ANAEROBICA RELATIVA vs PORCENTAJE DE MASA MUSCULAR**



FUENTE (TABLA DE RESULTADOS N°1)

En esta grafica se observa como la masa muscular influye en el resultado de la potencia anaeróbica relativa mas no es determinante ya que se observa un aumento gradual en el resultado de la potencia anaeróbica con forme aumenta la masa muscular en los jugadores teniendo una correlación negativa en dos grupos (46%,49%). Teniendo una moda en él % de masa muscular de 51,6 promedio 48.8% desviación estándar 1,847, con una correlación pearson 0.0778, que se considera muy baja.

## CONCLUSIONES

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en el trabajo podemos interpretar que el porcentaje de masa muscular es un factor que influye en la potencia anaeróbica relativa para los futbolistas de tercera división mas no puede tomarse como un factor determinante en la potencia anaeróbica relativa ya que se encontraron correlación muy baja de 0.077. Persone.

Se esperaba que la potencia anaeróbica aumentara con respecto a la masa muscular como lo menciona la investigación sobre "Masa Muscular y Masa Grasa, y su relación con la Potencia Aeróbica y Anaeróbica en Futbolistas de 18 a 20 años de Eda realizada en Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Nacional de Catamarca, Argentina, en donde se ve una correlación positiva entre la masa muscular y la potencia anaeróbica la diferencia de esta investigación es que se evaluó la potencia anaeróbica con test de campo teniendo los resultados de potencia anaeróbica absoluta y en esta investigación se realizo con potencia anaeróbica relativa.

De tal forma podemos observar en las graficas que se tienen poca correlación entre el %mm y Pan rel. Esto lo podemos atribuir a que el porcentaje de masa muscular no es el única variable de la cual depende la Pan rel.. Hace falta tomar en cuenta la edad cronológica, el tiempo de entrenamiento, la biomecánica, la capacitación de las fibras musculares, el tipo de fibra muscular predominante, de cada atleta.

Por otro lado cuando se correlaciona la masa muscular con la potencia anaeróbica relativa por posición de juego se observan en algunas posiciones hay una correlación positiva marcada, como en los medios y delanteros que al aumentar el % de masa muscular aumenta la potencia anaeróbica relativa. Esto lo podemos atribuir en gran medida, al tiempo practicando el deporte ya que los valores más altos de correlación se dieron entre los jugadores con más tiempo entrenando y con los que son titulares del equipo.

Por otra parte se observo que en la posición en la que se esperaba obtener valores de correlación mas altos de %masa muscular y Pan rel. es en el portero siendo en la que casi no se tiene una relación positiva esto por el bajo resultado de potencia anaeróbica relativa esto se puede tener a que el jugador tenia cargas de entrenamiento diferentes a las que acostumbradas.

Cabe mencionar que los resultados de la evaluación no son totalmente los esperados pudiendo ser por el periodo de entrenamiento en el que se evaluó a los atletas (periodo preparatorio general y selección de atletas) en el cual se tienen un

periodo previo de descanso mismo que tiene que ser activo ,para evitar la pérdida de las adaptaciones al ejercicio, logradas en la temporada anterior por tal motivo se observa que los atletas no realizaron un periodo de transición adecuado, además otra de las variables importantes que se tienen es la edad cronológica la cual también es un factor importante para la potencia anaeróbica y aun mas para el % masa muscular ya que se ve de forma clara como va aumentando los porcentajes de masa muscular entre los jugadores con forme aumenta la edad cronológica, esto es relevante ya que la población evaluada es de adolescentes; Etapa biológica en la que aumenta en la concentración de testosterona misma que desencadena aumenta la masa muscular. El aumento en la concentración de testosterona es otra de las variaciones que no se puede considerar de forma puntual en la investigación y en el seguimiento médico deportivo ya que el aumento de la concentración corporal de testosterona que se tiene este tipo de población se inicia de forma multifactorial y es determinante para el desempeño de los atletas.

Por otra parte tomando en cuenta los resultados en proyecto soma de la dirección de medicina del deporte de la comisión nacional del deporte en su investigación nacional morfofuncional reporta para futbol soccer que se tiene como parámetro optimo mas de 50% mismo que solo lo logra tener 4 jugadores siendo el 41% de los jugadores del equipo en lo que se tiene una correlación positiva entre masa muscular y potencia anaeróbica relativa de 0.5489 pearson.

## **SUGERENCIAS**

Por tanto se recomienda realizar más investigaciones sobre el tema durante todas las etapas de entrenamiento de los jugadores para determinar si se obtiene una correlación positiva entre la masa muscular y la potencia anaeróbica relativa.

Seguir una investigación longitudinal para saber qué porcentaje de los sujetos evaluados llega a pertenecer a un plantel de primera división y cuántos son habitualmente los que integran las lista de los partidos de dicho campeonato.

Se recomienda realizar más evaluaciones en este tipo de población para generar parámetros que ayuden al seguimiento médico deportivo tanto para cuidar el desarrollo biológico adecuado de los atletas, como para alcanzar el éxito deportivo.

Realizar estudios comparativos entre evaluaciones morfofuncionales, estudios de biopsia y bioquímicos (metabolitos)

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Eugene Shery Stephen, Manual Oxford, Medicina Del Deporte 1ª Edicion 1998
- 2.- Tortora Y Grabowski. Principios de Anatomía y Fisiología. 7ª ed. Harcourt Brace, 1998.
- 3.- Guyton, C.G. and Hall, J.E. Tratado de Fisiología Médica. 11ª Edición. Elsevier, 2006
- 4.- Barbany J.R. Fisiología del ejercicio Físico y el Entrenamiento. Paidotribo 2ª ed.
- 5.- Ganong W. Fisiología médica, El Manual Moderno, 14 edición, 1996
- 6.- Hoades Y Tanner. Fisiología Médica. Masson, 1997
- 7.- Fox E.L. Fisiologia del Deporte, Panamericana, buenos aires ,1984
- 8.- Trew M, Everett T. Fundamentos del movimiento humano. 5ª ed. Editorial Masson - Elsevier Churchill Livingstone. Barcelona. 2006.
- 9.- Oatis CA. Kinesiology. The mechanics and Patomechanics of Human Movement. Lippincott Williams&Wilkins. Philadelphia.2004.
- 10.- Van Cochran G. A primer of Orthopaedic Biomechanics. Churchill Livingstone. New York 1988.
- 11.- Nordin M, Frankel VH. Biomecánica del músculo. En Biomecánica Básica del Sistema Musculoesquelético. (3ªEd). McGrawHill-Interamericana. Madrid. 2004.
- 12.- Mow VC, Huiskes R. Basic Orthopaedic Biomecahnics and Mechano-Biology. 3ª ed. Lippincott Williams & WilkinsPhiladelphia.2005.
- 13.- Wirhed R. : "Habilidad atlética y anatomía del movimiento". 2ª Ed. Edika Med. Barcelona.1998.
- 14.- Adamson M, Macquaide N, Helgerud J, Hoff J, Kemi OJ. Unilateral arm strength training improves contralateral peak force and rate of force development. Eur J Appl Physiol. 2008;103(5):553-559.
- 15.- Kemi OJ, Rognmo O, Amundsen BH, Stordahl S, Richardson RS, Helgerud J, Hoff J. One-arm maximal strength training improves work economy and endurance capacity but not skeletal muscle blood flow. J Sports Sci. 2011; 29(2):161-70.

- 16.- Christie A, Snook EM, Kent-Braun JA. Systematic review and meta-analysis of skeletal muscle fatigue in old age. *Med Sports Exerc* 2010 Sep 24. [Epub ahead of print].
- 17.- Mazza J. C., L Carter, T. Reilly y E. Rienzi (1995). Futbolista Sudamericano de elite: Morfología, Análisis de juego y Performance. SOKIP (Soccer Kinanthropometric Project 1). Ed. Biosystem. Copa América
- 18.- Mazza J.C (1998). Revisión de aspectos fisiológicos y metodología de preparación física en el fútbol. Resumen del VI simposio internacional de actualización en ciencias aplicadas al deporte
- 19.- Reilly T., Cable N.T (1998). Aptitud Física y entrenamiento en el Fútbol. Actualización en ciencias aplicadas al deporte. Proceedings VI. Edit. Biosystem
- 20.- Dalton BH, Power GA, Vandervoort AA, Rice CI. Power loss is greater in old men during fast plantar flexion contractions. *J Appl Physiol* 2010 Sep 9. [Epub ahead of print].
- 21.- Hamill J., Knutzen K.M.: "Biomechanical Basis of Human Movement". Williams & Wilkins . Baltimore. 1995.
- 22.- Viladot Voegeli A. : "Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor". Ed. Springer Verlag Ibérica . Barcelona.2001.
- 23.- Blazevich AJ. Effects of physical training and detraining, inmovilisation, growth and aging on human fascicle geometry. *Sports Med* 2006; 36:1003-1017.
- 24.- Lang T, Streeper T, Cawthon P, Baldwin K, Taaffe DR, Harris TB. Sarcopenia: aetiology, clinical consequences, intervention, and assessment. *Osteoporos Int* 2010; 21: 543-559.
- 25.- Allen DG. Why stretched muscles hurt – is there a role for half-sarcomere dynamics? *J Physiol* 573.1 (2006) p 4. DOI:10.1113/jphysiol.2006.109918.
- 26.-Allen DG, Westerblad H. Understanding muscle from its length. *J Physiol* 2007; 583(1): 3-4.
- 27.- Folland JP, Williams AG. The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increase strength. *Sports Med* 2007; 37: 145-168.

- 28.- Daniel W.D. West, Nicholas A. Burd, Aaron W. Staples, Stuart M. Phillips. Human exercise-mediated skeletal muscle hypertrophy is an intrinsic process. *Int J Biochem Cell Biol* 2010; 42: 1371–1375.
- 29.- (2000). Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *J Sports Phys Fitness* 40 pp 162-169
- 30.- Reilly T (1996). Perfil Fisiológico del jugador de Fútbol. Actualización en ciencias aplicadas al deporte. Proceedings V. Edit. Biosystem
- 31.- Chin MK, Lo YS, Li CT, So CH (1992). Physiological profiles of Hong Kong elite soccer players. *Br J Sports Med*
- 32.- Astrand P. O., Rodahl K (1992). Fisiología del trabajo físico. Panamericana
- 33.- Bangsbo J (1999). La fisiología de fútbol. Tesis Doctoral
- 34.- Bangsbo J., Norregaard L, Thorso F (1991). Activity profile of competition soccer. *Canadian J Sports Sci* 16 (2) pp 110-116
- 35.- Mac Dougall JM, Wenger HA, Green HJ (1995). Evaluacion fisiológica del deportista. Edit. Paidotribo
- 36.- Weineck E (1994). Fútbol total. El entrenamiento físico del futbolista. Paidotribo
- 37.- Cherebetui G., Cervantes. "sistema de medicion de potencia anaeróbica y cualidades neuromusculares ". conacyt. 2000.
- 38.-Beltman. J., Sargeant. J., Mechelen V., Haan. H., 2004. Voluntary activation level end muscle fiber recruitment of human quadriceps during lengthening contractions. *Journal of appied physiology.* 97 , 619 , 622.
- 39.- Hortobagyi. T., westerkamp . L. Beam. S., Moody. J., Garry. J., Holbert. D., 2005. Altered hamstring – quadriceps muscle balance in patients whith knee osteoarthritis. *Clinical biomechanics* 2000, 97 – 104.
- 40.- Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. Developing maximal neuromuscular power: part 1 - biological basis of maximal power production. *Sports Med.* 2011; 41(1):17-38.
- 41.- Cappa D (2000). Entrenamiento de la potencia muscular. Mendoza. Argentina

- 42.- Manso J. G., R. Arcero, M. Valdivielso y J. Ruiz caballero (1998). La velocidad. La mejora del rendimiento en los deportes de velocidad. Editorial Gymnos
- 43.- Bosco C (1991). La valoración de la fuerza con el test de Bosco. Paidotribo
- 44.- Cappa D (2000). Entrenamiento de la potencia muscular. Mendoza. Argentina
- 45.- Manso J. G., R. Arcero, M. Valdivielso y J. Ruiz caballero (1998). La velocidad. La mejora del rendimiento en los deportes de velocidad. Gymnos
- 46.- Houtkooper L. y Going S (1998). Composición corporal: ¿cómo debería ser medida? ¿La misma afecta a la performance deportiva?. Resumen del VI simposio internacional de actualización en ciencias aplicadas al deporte.
- 47.- Steven B. heymsfield , Timonhy G. lohman , Composicion corporal, Mc Graw Hill,segunda edición.
- 48.- Rodríguez P, Bermúdez E, Rodríguez G, Spina M, Zeni S, FriedmanS y Exeni R. Composición corporal en niños preescolares:comparación entre métodos antropométricos simples,bioimpedancia y absorciometría de doble haz de rayos X.ArchArgent Pediatr. 2008; 106(2): 102-109.
- 49.- Fjeld C, Freund J, Schoeller D. Total body water measured by 18 ution and bioelectrical impedance in well and malnourished children. Pediatr Res 1990; 27: 98-102.
- 50.- Davies P, Preece M, Hicks C. The prediction of total body water using bioelectrical impedance in children and adolescents. Ann Hum Biol 1988; 15:237-240.
- 51.-Reilly T, Bangsbo J, Franks A (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. J Sports Sci Sep;18(9):669-83.
- 52.- Viviani F, Casagrande G., Toniutto F (1993). The morphotype in a group of peri-puberal soccer players. J Sports Med Phys Fitness 33 pp 178-183.

## **ANEXOS**

- 1.- CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN UN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN MÉDICA
  - 2.- CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO
  - 3.- FORMATO DE HISTORIA CLÍNICA.
  - 4.- EVALUACIÓN DE POTENCIA ANAERÓBICA
  - 5.- COMPOSICIÓN CORPORAL POR BIOIMPEDANCIA
-

**Anexo 1**



***Universidad Autónoma del Estado de México***

**UAEM**

*Facultad de Medicina*

**CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN UN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN MÉDICA**

**Título del protocolo:**

---

---

---

---

Investigador principal: \_\_\_\_\_

Sede donde se realizará el estudio: \_\_\_\_\_

Nombre del paciente: \_\_\_\_\_

A usted se le está invitando a participar en este estudio de investigación médica. Antes de decidir si participa o no, debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados. Este proceso se conoce como consentimiento informado. Siéntase con absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas al respecto.

Una vez que haya comprendido el estudio y si usted desea participar, entonces se le pedirá que firme esta forma de consentimiento, de la cual se le entregará una copia firmada y fechada.

**JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.** \_\_\_\_\_

*(Dar razones de carácter médico y social).*

## OBJETIVO DEL ESTUDIO

A usted se le está invitando a participar en un estudio de investigación que tiene como objetivos

---

---

---

---

---

---

## BENEFICIOS DEL ESTUDIO

---

---

---

*(Explicar brevemente los beneficios esperados. Si existen estudios anteriores o alternativos, aunque sean de otros investigadores, se puede hacer referencia a ellos en este capítulo con la intención de ampliar la información).*

En estudios realizados anteriormente por otros investigadores se ha observado que: \_\_\_\_\_

---

Con este estudio conocerá de manera clara si usted:

---

---

## PROCEDIMIENTOS DEL ESTUDIO

En caso de aceptar participar en el estudio se le realizarán algunas preguntas sobre usted, sus hábitos y sus antecedentes médicos, y \_\_\_\_\_

*(Aquí se deberá detallar el o los procedimientos a seguir, anotando aquellos que pueden causar molestias, o que se acompañen de un riesgo igual o superior al mínimo, o bien que tienen efectos adversos en un determinado plazo. Al igual que en el apartado anterior, en un lenguaje claro para una persona sin conocimientos médicos).*

Este estudio consta de las siguientes fases:

La primera implica

---

---

La segunda parte del estudio se le aplicará \_\_\_\_\_ o consistirá de \_\_\_\_\_ etc.

En caso de que usted desarrolle algún efecto adverso secundario o requiera otro tipo de atención, ésta se le brindará en los términos que siempre se le ha ofrecido.

### **ACLARACIONES**

- Su decisión de participar en el estudio es completamente voluntaria.
- No habrá ninguna consecuencia desfavorable para usted, en caso de no aceptar la invitación.
- Si decide participar en el estudio puede retirarse en el momento que lo desee, aun cuando el investigador responsable no se lo solicite, informando las razones de su decisión, la cual será respetada en su integridad.

• No tendrá que hacer gasto alguno durante el estudio.

• No recibirá pago por su participación.

• En el transcurso del estudio usted podrá solicitar información actualizada sobre el mismo, al investigador

La información obtenida en este estudio, utilizada para la identificación de cada paciente, será mantenida con estricta confidencialidad por el grupo de investigadores.

• En caso de que usted desarrolle algún efecto adverso secundario no previsto, tiene derecho a una indemnización, siempre que estos efectos sean consecuencia de su participación en el estudio.

• Si considera que no hay dudas ni preguntas acerca de su participación, puede, si así lo desea, firmar la Carta de Consentimiento Informado anexa a este documento.

**Anexo 2**



***Universidad Autónoma del Estado de México***

**UAEM**

*Facultad de Medicina*

**CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Yo \_\_\_\_\_ he leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos. Convengo en participar en este estudio de investigación.

Recibiré una copia firmada y fechada de esta forma de consentimiento.

\_\_\_\_\_  
**Firma del participante o del padre o tutor** **Fecha**

\_\_\_\_\_  
**Testigo** **Fecha**

\_\_\_\_\_  
**Testigo** **Fecha**

**Esta parte debe ser completada por el Investigador (o su representante):**

He explicado al Sr(a). \_\_\_\_\_ la naturaleza y los propósitos de la investigación; le he explicado acerca de los riesgos y beneficios que implica su participación. He contestado a las preguntas en la medida de lo posible y he preguntado si tiene alguna duda. Acepto que he leído y conozco la normatividad correspondiente para realizar investigación con seres humanos y me apego a ella.

Una vez concluida la sesión de preguntas y respuestas, se procedió a firmar el presente documento.

\_\_\_\_\_  
**Firma del investigador** **Fecha**

### Anexo 3



*Universidad Autónoma del Estado de México*  
*Facultad de medicina*  
*Centro de Medicina de la Actividad Física y el Deporte*



NUM. EXP \_\_\_\_\_ CLASIFIC. \_\_\_\_\_  
FECHA \_\_\_\_\_ HORA \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL PACIENTE:

\_\_\_\_\_

LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: \_\_\_\_\_

DOMICILIO: \_\_\_\_\_

TEL: \_\_\_\_\_ EDO CIVIL \_\_\_\_\_ SEXO \_\_\_\_\_ EDAD: \_\_\_\_\_ OCUPACIÓN \_\_\_\_\_

#### ANTECEDENTES FAMILIARES

PADECIMIENTO	ABUELOS	PADRE	MADRE	HERMANOS	OTROS FAM.
DIABETES					
CARDIOPATIAS					
H.A.S					
I.A.M					
OBESIDAD					
CANCER					
OTROS					

#### ANTECEDENTES PERSONALES NO PATOLOGICOS

ALCOHOLISMO	TABAQUISMO	DROGADICCION	INMUNIZACIONES	HIGIENE	ALIMENTARIOS

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

#### ANTECEDENTES PERSONALES PATOLOGICOS

H.A.S	DIABETES	I.A.M	CANCER	OBESIDAD	ALERGIAS	LIPOTIMIAS

CONVULSIONES	ASMA	ANEMIA	PARASITOSIS	HEMORRAGICOS	QUIRURGICOS

HEPATITIS	TRANSFUSIONES	VENEREAS	EXANTEMATICAS	OTRAS

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

#### ANTECEDENTES GINECOOBSTETRICOS

MENARCA	PERIODICIDAD	FUM	GESTAS	PARA	ABORTO	TRANSTORNOS MENSTRUALES

#### ANTECEDENTES TRAUMATOLOGICOS

LESIONES	FRACTURAS	LUXACION	ESGUINCE	T.C.E.	MUSCULARES	CONTUSIONES

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**ANTECEDENTES DEPORTIVOS**

DEPORTE PRINCIPAL \_\_\_\_\_ EQUIPO \_\_\_\_\_

CATEGORIA \_\_\_\_\_ POSICION \_\_\_\_\_ EDAD DE INICIO \_\_\_\_\_

ENTRENADOR SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_ RESULTADOS Y/O RECORDS OBTENIDOS \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

HORAS DE ENTRENAMIENTO A LA SEMANA \_\_\_\_\_ METODO \_\_\_\_\_

ALTERACIONES ANTES, DURANTE O DESPUES DE ENTRENAMIENTO O COMPETENCIA: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

INCAPACIDAD DEPORTIVA TEMPORAL \_\_\_\_\_ PERMANENTE \_\_\_\_\_

**PADECIMIENTO ACTUAL**

SINTOMAS DE IMPORTANCIA	DESCRIBIR

**EXPLORACIÓN FÍSICA**

PESO	ESTATURA	F.C.	F.V.	P.A.	°C	GPO. Y RH

REGION ANATOMICA	NORMAL	DESCRIBIR SI EXISTE PATOLOGIA
CABEZA		
NARIZ		
BOCA		
CUELLO		
TORAX		
R. PRECORDIAL		
C. PULMONARES		
ABDOMEN		
GENITALES		
TREN SUPERIOR		
TREN INFERIOR		

GABINETE Y LABORATORIO: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

IDX: \_\_\_\_\_

TAMIZAJE: \_\_\_\_\_ CLASIF. NYHA: \_\_\_\_\_

TRATAMIENTO: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
MEDICO TRATANTE

\_\_\_\_\_  
CED. PROFESIONAL6185105

## Anexo 4



*Universidad Autónoma del Estado de México*  
*Centro de Medicina de la Actividad Física y el Deporte*



### EVALUACION DE POTENCIA ANAEROBICA

NOMBRE :

FECHA

EDAD :

DEPORTE :

DEPORTE :

Se realiza protocolo de bosco en plataforma de michecevi obteniendo

#### PRUEBA DE REACCION VISUAL

	RESULTADO	CLASIFICACION
VISUAL CORTA	mseg	
AUDITIVA CORTA	mseg	
VISUALLARGA	mseg	

#### VELOCIDAD DE REPETICION

##### RESULTADO

JOGGING \_\_\_\_\_ Pasos /seg    % de resistencia \_\_\_\_\_

#### POTENCIA ANAEROBICA

	RESULTADO	CALIFICACION
POTENCIA ANAEROBICA RELATIVA	W/kg	
POTENCIA ANAEROBICA ABSOLUTA	Watts	
VELOCIDAD DE SALTO	Mseg	
TRABAJO MECANICO	Kgf.m	
ALTURA DE SALTOS	cm	

Observaciones

\_\_\_\_\_ Dr. VELAZQUEZ MUÑOZ JAVIER ALEJANDRO R3 CEMAFYD

Anexo 5

# Lookin' Body InBody Data Management System

InBody720 Page: 1 of 1

NAME: [REDACTED] AGE: [REDACTED] HEIGHT: [REDACTED] GENDER: [REDACTED] DATE: [REDACTED]

Biospace

### Body Composition Analysis

Compartment	Values	Total Body Water	Soft Lean Mass	Fat Free Mass	Weight	Normal Range
ICW (L)	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	21,7 ~ 26,6
ECW (L)	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	13,3 ~ 16,3
Protein (kg)	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	9,4 ~ 11,5
Mineral (kg)	[REDACTED]	OSSEOUS: [REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	3,24 ~ 3,97
Body Fat Mass (kg)	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	8,2 ~ 15,8

Mineral is estimated

### Muscle - Fat Analysis

	Under	Normal	Over	UNIT %	Normal Range
Weight (kg)	55 70 85 100 115 130 145 160 175 190 205	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	53,7 ~ 72,6
SMM (kg)	70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	26,6 ~ 32,5
Body Fat Mass (kg)	40 60 80 100 160 220 280 340 400 460 520	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	8,2 ~ 15,8

### Obesity Diagnosis

	Under	Normal	Over	UNIT %	Normal Range
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	12,8 15,8 18,8 21,8 24,8 27,8 30,8 33,8 36,8 39,8 42,8	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	18,8 ~ 24,8
PBF (%)	1 6 11 16 21 26 31 36 41 46 51	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	11,0 ~ 21,0
WHR	0,65 0,70 0,75 0,80 0,85 0,90 0,95 1,00 1,05 1,10 1,15	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	0,80 ~ 0,90

### Lean Balance

	Under	Normal	Over	UNIT %	Segmental Edema	Edema
Right Arm (kg)	40 60 80 100 120 140 160 180	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	ECF/TBW: 0,325 ECW/TBW: 0,372	0,41 0,46
Left Arm (kg)	40 60 80 100 120 140 160 180	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	0,326 0,372	0,38 0,43
Trunk (kg)	70 80 90 100 110 120 130 140	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	0,322 0,368	0,35 0,40
Right Leg (kg)	70 80 90 100 110 120 130 140	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	0,320 0,366	0,33 0,38
Left Leg (kg)	70 80 90 100 110 120 130 140	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	0,323 0,369	0,28 0,33

### Body Balance

Upper  Balanced  Slightly Imbalanced  Extremely Unbalanced

Lower  Balanced  Slightly Unbalanced  Extremely Unbalanced

Upper-Lower  Balanced  Slightly Unbalanced  Extremely Unbalanced

### Body Strength

Upper  Normal  Developed  Weak

Lower  Normal  Developed  Weak

Muscle  Normal  Muscular  Weak

### Health Diagnosis

Body Water  Normal  Under

Edema  Normal  Slight Edema  Edema

Life Patterns  Normal  Alert  Risky  Highly Risky

### Body Composition History

DATE / TIME	Weight	SMM	Fat	Score	ECW/TBW
10/08/13 08:04	58,5	30,2	5,1	76	0,368

### Additional Data (Normal Range)

Obesity = [REDACTED] 90 ~ 110

BCM = [REDACTED] 31,1 ~ 38,1

BMC = [REDACTED] 2,67 ~ 3,27

BMR = [REDACTED] 1407,6 ~ 1638,2

A C = [REDACTED]

A M C = [REDACTED]

### Weight Control

Target Weight [REDACTED] kg

Weight Control + [REDACTED] kg

Fat Control + [REDACTED] kg

Muscle Control [REDACTED] kg

Fitness Score [REDACTED] Points

### Impedance

Z (kHz)	RA	LA	TR	RL	LL
1kHz	363,8	362,1	28,5	289,4	285,7
5kHz	358,5	354,9	25,4	283,4	278,7
50kHz	310,5	311,3	21,3	241,6	238,6
250kHz	278,0	278,8	17,2	213,2	211,7
500kHz	267,9	268,9	16,0	208,1	204,8
1000kHz	259,6	260,5	14,8	200,8	200,3