

112735



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION
SUBDIVISION DE ESPECIALIZACIONES MEDICAS
MEDICINA DE LA ACTIVIDAD FISICA Y DEPORTIVA

ERGOTIPO DE LAS JUGADORAS DE LA SELECCION NACIONAL FEMENIL DE FUTBOL ASOCIACION.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

ESPECIALISTA EN MEDICINA DE LA ACTIVIDAD FISICA Y DEPORTIVA

PRESENTA:
DR. JULIAN ENRIQUE PEREZ SOSA



DIRECCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION
CENTRO NACIONAL DE REHABILITACION

ASESOR: DR. JOSE GILBERTO FRANCO SANCHEZ

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



CIUDAD UNIVERSITARIA

JUNIO, 2002
SECRETARIA DE SERVICIOS DE SALUD
INSTITUTO NACIONAL DE ORTOPEDIA
SUBDIRECCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	5
2.	ANTECEDENTES	7
3.	MARCO TEÓRICO	10
	3.1 Evaluación del rendimiento como fenómeno multidisciplinario	11
	3.2 Evaluación cardiovascular y metabólica	11
	3.3 Evaluación de la capacidad pulmonar	21
	3.4 Evaluación de la potencia anaeróbica	24
4.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	31
	4.1 Planteamiento del problema	31
	4.2 Justificación	31
	4.3 Objetivos	32
	4.4 Metas	32
5.	MATERIALES Y MÉTODOS	34
	5.1 Historia clínica	35
	5.2 Electrocardiograma en reposo	35
	5.3 Capacidad pulmonar	36
	5.4 Potencia anaeróbica aláctica	36
	5.5 Valoración cardiovascular, metabólica y curva de ácido láctico	37
	5.6 Comparación de los datos de la élite con los resultados obtenidos	38
	5.7 Análisis estadístico	38
6.	RESULTADOS	39
7.	DISCUSIÓN	48
8.	CONCLUSIONES	51

REFERENCIAS

BIBLIOGRAFÍA

SINOPSIS

La evaluación médico deportiva debe considerarse como parte fundamental para cualquier individuo que esté por iniciar un programa de entrenamiento, sin importar el objetivo que busque al realizar una actividad física. Esta evaluación nos sirve para conocer el nivel actual de cada una de las capacidades que influyen en el rendimiento deportivo.

Dentro de la clasificación de los deportes, los juegos con pelota, como el fútbol asociación, requieren una evaluación que abarque varias capacidades físicas, ya que las exigencias de la competencia así lo demandan.

El fútbol asociación femenil es un deporte en desarrollo en nuestro país, por tanto es fundamental contar con parámetros de rendimiento del equipo que sea considerado como el mejor del país, en este caso la selección nacional, dichos parámetros servirán como base para otros equipos femeniles, permitiendo dirigir y dosificar los entrenamientos enfocándolos hacia objetivos claros y específicos.

Los parámetros analizados en este estudio, son los que constituyen la capacidad de realizar un trabajo físico de forma eficaz o ergotipo, en este caso son: capacidad anaeróbica aláctica, capacidad anaeróbica láctica, capacidad aeróbica, consumo energético, frecuencia cardiaca de reposo y frecuencia cardiaca máxima y finalmente la capacidad pulmonar.

Se sometieron a evaluación morfofuncional a 18 jugadoras de la selección nacional femenil de fútbol asociación, en las instalaciones de la Dirección de Medicina y Ciencias aplicadas al Deporte de la Comisión Nacional del Deporte.

Los resultados en promedio del equipo fueron los siguientes: potencia aláctica = 1367.99 watts (sd = 207.14); umbral anaeróbico = 3.61 mmol/l (sd = 0.69); consumo máximo de oxígeno = 48.68 ml/kg/min (sd = 4.08); mets = 3.90 (sd = 1.17); frecuencia cardiaca de reposo = 56.8 lat/min (sd = 6.93); frecuencia cardiaca máxima = 189.90 lat/min (sd = 7.98); volumen ventilatorio máximo 132.60 lt/min (sd = 29.71).

Finalmente, para establecer el nivel de la selección nacional, comparamos los resultados obtenidos con los de la élite mundial en los siguientes parámetros: potencia aláctica = 2000 watts; consumo máximo de oxígeno = 52 ml/kg/min y volumen ventilatorio máximo 150 lt/min.

RECONOCIMIENTOS

Un agradecimiento especial al Dr. José Gilberto Franco Sánchez por su asesoría para la realización de esta Tesis.

A los Dres. Juan Manuel Herrera y Ernesto Frago de Medicina y Ciencias Aplicadas al Deporte de la CONADE, por su apoyo.

Quiero agradecer también al Dr. Saúl Renan y a la M.en C. Ivette Quiñónez por su gran ayuda para la terminación de este trabajo.

A los profesores Leonardo Cuellar y Vicente Espadas del cuerpo técnico de la selección nacional femenil de fútbol asociación.

A mis sinodales, Dra. Sofia Hernández, Dra. Ana Rosa Becerra, Dr. Víctor Chavolla y Dr. Clemente Ibarra por su apoyo y participación.

Finalmente quiero agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de México a través de la Subdirección de Investigación y Medicina del Deporte y del Centro Nacional de Rehabilitación por brindarme la oportunidad de conocer esta gran especialidad.

1. *INTRODUCCIÓN*

El control médico deportivo debe considerarse parte integral de la actividad deportiva. Todo aquél que practique algún deporte, o ejercicio físico regular y sistemático, debe someterse periódicamente a un examen médico-deportivo.

Casi todas las personas que llevan a cabo algún deporte, lo realizan sin ninguna asesoría médica y sin control. El equilibrio orgánico se puede romper cuando las cargas físicas rebasan los límites fisiológicos, por lo que es fundamental entender que el punto básico para realizar entrenamientos óptimos, es el conocimiento científico profundo del atleta en lo que respecta a los principales aspectos físicos, funcionales y psicológicos que integran el psicobiotipo [1].

Dicho análisis del atleta, solamente se puede fundamentar a través de un examen morfofuncional completo. Este examen morfofuncional, tiene el objetivo de valorar las capacidades biomotoras como son la fuerza, la potencia aeróbica y anaeróbica, la movilidad, la coordinación como manifestación de la capacidad neuromuscular, además estudia parámetros morfológicos mediante la cineantropometría y la relación de ésta con la nutrición del individuo, se enfoca también en el análisis cardiopulmonar en reposo a través de un electrocardiograma y de una espirometría y finalmente utiliza el apoyo de parámetros bioquímicos, además de la psicometría todo esto nos permite integrar un diagnóstico del estado fisiológico y morfológico del individuo.

El ergotipo se refiere a los parámetros que conforman la capacidad de realizar eficazmente un trabajo, y son: la fuerza muscular, la potencia aeróbica y anaeróbica, la capacidad pulmonar, la movilidad y la coordinación [1].

El principal problema cuando se quiere planificar y programar un plan de entrenamiento, dirigido a mejorar las condiciones físicas de un individuo, es el de individualizar el perfil fisiológico que debe poseer, así como determinar de forma precisa las demandas energéticas durante el entrenamiento y la competencia.

Es importante determinar un modelo funcional en el cual basarse, para cuantificar la capacidad de trabajo de un atleta. Establecer de qué forma las capacidades físicas influyen en su rendimiento, no es una tarea fácil [2,3].

En los deportes de conjunto, es importante determinar este modelo funcional para cada posición dentro de cada esquema en particular. En el fútbol asociación actual las exigencias técnico-tácticas demandan un perfil polivalente a cada posición, por lo tanto, el perfil funcional de la jugadora de fútbol asociación debe interrelacionar de forma adecuada las capacidades físicas y técnicas para lograr un máximo acoplamiento al sistema táctico impuesto por las necesidades de la competencia [4,5,6].

Las cualidades técnicas, como reflejo de la capacidad neuromuscular son el aspecto más importante en la preparación de la futbolista [7,8,9]. La jugadora de fútbol asociación debe poseer condiciones técnicas adecuadas, que le permitan hacer frente a las complejidades tácticas ligadas a un esquema de juego específico, o a un momento determinado del partido, basándose en una preparación física y mental para realizar dichas tareas, con un alto estado de eficiencia [7,10,11].

Dado que el fútbol asociación moderno no impone sistemas rígidos, la jugadora debe tener la capacidad, basado en un componente táctico, que sí puede ser preestablecido, de realizar un trabajo físico no solo en función de sus capacidades, sino que además debe tomar en cuenta a sus compañeras y a sus rivales, así como las condiciones ambientales del partido [9,11]. Por lo tanto el jugador debe tratar de mantener un nivel máximo de rendimiento físico y técnico, es decir una forma deportiva elevada, durante toda la temporada, lo que le permitirá hacer frente a todas las adversidades posibles, previstas o no.

Sin embargo, este nivel de eficiencia alto, no puede ser mantenido durante toda la temporada, ya que los factores biológicos que en él influyen, no pueden mantenerse en un nivel máximo (forma deportiva) durante todo ese periodo.

Por todo esto, es importante una planificación y periodización¹ adecuadas del proceso de entrenamiento, para mantener este nivel máximo de rendimiento el mayor tiempo posible para que coincida con momentos clave de una temporada.

Al tener un modelo físico además de un modelo técnico-táctico de un equipo, y conociendo las exigencias de un partido, se dirige el entrenamiento de forma tal, que se pueda obtener el mayor rendimiento de acuerdo al perfil de cada jugador y su relación con el equipo, basándonos en la posición y las exigencias específicas del planteamiento del entrenador, además de tener la posibilidad de prevenir lesiones [2,12,].

2. ANTECEDENTES

La carga del trabajo muscular que el futbolista debe desarrollar durante un partido se estudió analíticamente hace muchos años. Como es lógico, los primeros estudios se realizaron con instrumentos y métodos aproximativos que daban lugar a resultados no objetivos y con poca integración científica.

Los primeros trabajos que muestran una cierta validez científica son los de Luckscinov y Palfai en 1986, donde intentan cuantificar la distancia recorrida por el jugador en un partido, la cual variaba de 4 a 11 Km [7,8].

Es importante tomar en consideración la posición y el rol de la jugadora dentro del equipo, como determinante principal de las características físicas requeridas. Es decir, a pesar del componente técnico de este deporte, es la capacidad física la que nos da un parámetro más exacto del tipo de carga a que está sometido el atleta [7].

Sin duda es de gran ayuda conocer cuales son las variaciones de frecuencia cardíaca alcanzada por los jugadores en competición, según un trabajo de Comucci y Leali en 1986, los valores de frecuencia cardíaca varían aproximadamente desde 125 hasta 150 latidos por minuto (lat/min) en el caso de los defensas, hasta 170 en centrocampistas y 200 lat/min en los delanteros, es decir, estos valores representan los intervalos de intensidad del esfuerzo durante un partido.

¹ Periodización: Cambio regular de las estructuras y los contenidos del entrenamiento deportivo, con el objetivo de controlar la forma deportiva mediante la distribución adecuada de las cargas.

Por todo esto, es importante una planificación y periodización¹ adecuadas del proceso de entrenamiento, para mantener este nivel máximo de rendimiento el mayor tiempo posible para que coincida con momentos clave de una temporada.

Al tener un modelo físico además de un modelo técnico-táctico de un equipo, y conociendo las exigencias de un partido, se dirige el entrenamiento de forma tal, que se pueda obtener el mayor rendimiento de acuerdo al perfil de cada jugador y su relación con el equipo, basándonos en la posición y las exigencias específicas del planteamiento del entrenador, además de tener la posibilidad de prevenir lesiones [2,12,].

2. ANTECEDENTES

La carga del trabajo muscular que el futbolista debe desarrollar durante un partido se estudió analíticamente hace muchos años. Como es lógico, los primeros estudios se realizaron con instrumentos y métodos aproximativos que daban lugar a resultados no objetivos y con poca integración científica.

Los primeros trabajos que muestran una cierta validez científica son los de Luckscinov y Palfai en 1986, donde intentan cuantificar la distancia recorrida por el jugador en un partido, la cual variaba de 4 a 11 Km [7,8].

Es importante tomar en consideración la posición y el rol de la jugadora dentro del equipo, como determinante principal de las características físicas requeridas. Es decir, a pesar del componente técnico de este deporte, es la capacidad física la que nos da un parámetro más exacto del tipo de carga a que está sometido el atleta [7].

Sin duda es de gran ayuda conocer cuales son las variaciones de frecuencia cardíaca alcanzada por los jugadores en competición, según un trabajo de Comucci y Leali en 1986, los valores de frecuencia cardíaca varían aproximadamente desde 125 hasta 150 latidos por minuto (lat/min) en el caso de los defensas, hasta 170 en centrocampistas y 200 lat/min en los delanteros, es decir, estos valores representan los intervalos de intensidad del esfuerzo durante un partido.

¹ Periodización: Cambio regular de las estructuras y los contenidos del entrenamiento deportivo, con el objetivo de controlar la forma deportiva mediante la distribución adecuada de las cargas.

Ekblom en 1992 realizó un trabajo parecido en un partido de categoría A de Suecia, encontrando resultados similares al estudio anteriormente citado.

La valoración de la potencia aeróbica, generalmente valorada con el consumo máximo de oxígeno (VO_2 Max) y que representa la más sólida expresión de la capacidad de producir trabajo muscular utilizando principalmente el metabolismo aeróbico, ha sido evaluada en gran cantidad de jugadores pertenecientes a equipos profesionales registrando valores alrededor de 60 ml/kg/min [7,8].

En cuanto al fútbol asociación femenino, no existe mucha información que analice el modelo fisiológico y las exigencias de rendimiento, debido al reciente desarrollo de este deporte.

Ekblom y Aginger estudiaron un equipo sueco femenino de élite en 1993 y descubrieron que estas jugadoras recorrían en promedio 8,500 metros durante un partido, efectuaron más de 100 sprints por partido, con un recorrido medio de 15 metros. Sus niveles de lactato en sangre eran entre 4.6 y 5.1 milimol por litro (mmol/l) al final del partido, mientras que sus frecuencias cardíacas medias eran de 177 lat/min, valores de 89 al 91% de la frecuencia cardíaca máxima teórica en promedio del equipo que fue de 195 lat/min [8].

Rhodes y Mosher en 1992, midieron directamente el VO_2 max de 12 jugadoras canadienses de élite, registrando un valor medio de 47.1 ml/kg/min, mientras que Davis y Brewer en 1993, obtuvieron valores de 52.2 ml/kg/min en jugadoras inglesas

En México, a diferencia de otros países cuyas jugadoras se dedican de tiempo completo al fútbol asociación, casi no hay profesionales, por lo tanto combinan la práctica deportiva con alguna otra actividad, dedicando menos tiempo a su preparación.

Jansen y Larson en 1995 aconsejaban que las jugadoras debían entrenar 3 veces a la semana, con una duración por sesión de 90 minutos, donde se abarcan sesiones de 2 a 4 horas de carrera a la semana, más una o dos horas de pesas, tomando en consideración además el entrenamiento técnico-táctico.

Davis y Brewer recomendaron la mejor forma de pasar el período transitorio manteniendo la capacidad aeróbica al mismo tiempo la movilidad, con actividades diferentes que representen un descanso activo [13]. El entrenamiento anaeróbico y ejercicios de rapidez deben empezar hacia el periodo preparatorio especial, teniendo en cuenta que debe existir una base de resistencia aeróbica previa al trabajo anaeróbico y de rapidez para evitar la aparición de lesiones y fatiga.

De acuerdo a la evidencia a las características fisiológicas disponibles, se pueden sugerir estilos de juego que propicien una mayor eficiencia del rendimiento de cada equipo, implementando, por ejemplo, una táctica de toque de balón para atraer al rival, profundizando en momentos específicos del juego o un esquema que implique rompimientos rápidos, pelotazos hacia el frente buscando ganar en la disputa constante del balón sin retenerlo por mucho tiempo.

Las características de la actividad física y las habilidades específicas para desarrollar el juego, se relacionan con las necesidades fisiológicas y el perfil de cada jugadora. Los requisitos por posición, se consideran como efectos del estilo de juego, del nivel y de la fase de competencia.

Menos del 2% de la distancia total recorrida por el jugador es con el balón, los jugadores pueden tener que recorrer el terreno rápidamente para disputar su posesión, o apoyar a los compañeros del equipo en defensa y ataque, alejarse con el balón de los contrarios o crear sus propias maniobras de engaño [7].

Cada partido implica de 1,000 a 1,200 acciones que incorporan cambios rápidos y frecuentes de ritmo y dirección así como la ejecución de las habilidades de juego [7,8].

El control de la preparación física es vital, al igual que la planificación estructurada del ciclo de entrenamiento anual. Esencial para una expansión y desarrollo mayores del fútbol femenino, es una buena educación del entrenador y de la jugadora en las áreas de la ciencia y medicina del deporte [1,5,6].

3. *MARCO TEÓRICO*

El rendimiento atlético está influenciado por diversos factores, entre los que se encuentran los fisiológicos, psicológicos y ambientales. El método para determinar dicha influencia es la obtención de información de los atributos físicos de los atletas, su valor implica un manejo adecuado del deportista para la obtención de mejores resultados.

Una valoración fisiológica adecuada debe incluir las siguientes capacidades: cardiovascular y pulmonar, movilidad, potencia anaeróbica, fuerza muscular y puede incluir velocidad de reacción auditiva, visual y mixta, además de la valoración cineantropométrica [1,5,6].

Una aplicación de esta evaluación del rendimiento es determinar los atributos de una persona para realizar una actividad deportiva específica, nos sirve también para establecer valores promedios de una capacidad en grupos de atletas.

Es muy útil en la detección de patologías ocultas que no se manifiestan durante la práctica deportiva y que aparecen al momento de la evaluación, asimismo podemos detectar problemas que puedan condicionar la aparición de lesiones y de esta forma prevenirlas.

La evaluación se utiliza también, para ubicar al deportista en un nivel de rendimiento dependiendo de las demandas que su organismo es capaz de soportar. Por ejemplo, si una persona tiene una reserva cardíaca disminuida, debe ser notificada sobre la actividad deportiva que puede realizar y adecuar un programa de entrenamiento dirigido a aumentar dicha capacidad [5,6].

Finalmente la evaluación funcional del atleta se utiliza como base para determinar el tiempo de retorno a la actividad deportiva posterior a una lesión, es decir en tanto el atleta no recupere en su totalidad cada uno de los parámetros físicos que tenía previos a la lesión, no podremos determinar que pueda retornar a su actividad deportiva.

3.1 LA EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO COMO FENÓMENO MULTIDISCIPLINARIO.

La evaluación del rendimiento se debe realizar por un grupo de especialistas en cada área del rendimiento a analizar con el objeto de obtener resultados lo más completos posible. Cada capacidad tiene aspectos específicos, de acuerdo al deporte analizado, pero si tomamos en cuenta que la eficiencia deportiva tiene su origen en el equilibrio de dichas capacidades y su manejo adecuado, es básico conocer el nivel de rendimiento global de cada atleta [15,16].

La evaluación morfofuncional representa una actividad compleja dentro de la cual, el deportista se somete a diferentes tipos de estudio que requieren el manejo por especialistas que valoran el estado de salud, la capacidad de esfuerzo y el estado funcional de los principales sistemas involucrados en el esfuerzo físico.

Las mediciones e investigaciones representan un proceso de conocimiento objetivo de los fenómenos fisiológicos que ocurren en un atleta al realizar un esfuerzo.

Es muy importante tomar en cuenta a todos los implicados en el proceso de entrenamiento de un atleta o grupo de atletas en esta evaluación, por lo tanto el entrenador, el médico, el psicólogo, el nutriólogo, etc, deben interactuar en el análisis del rendimiento.

3.2 EVALUACIÓN CARDIOVASCULAR Y METABÓLICA.

Un factor muy importante del rendimiento tanto para atletas como para personas que quieran llevar un programa de entrenamiento es la capacidad del sistema cardiovascular. Su función debe ser sistemáticamente valorada, midiendo la frecuencia cardiaca, el electrocardiograma en reposo, monitoreo cardiaco de esfuerzo, la respuesta presora, además de los síntomas clínicos asociados al esfuerzo [17].

El ejercicio extenuante es la condición límite más importante a la cuál se enfrenta el sistema cardiovascular. El flujo sanguíneo puede aumentar hasta 20

veces en los músculos, este incremento a su vez, induce un aumento de 5 a 7 veces en el gasto cardiaco.

El flujo sanguíneo del músculo esquelético en reposo es de 3-4 ml/100 gramos y puede llegar hasta 50-80 ml/100 gramos de músculo [18].

En reposo, solo fluye sangre por un 20-25% de los capilares musculares, pero al realizar ejercicio intenso, todos los capilares se abren, reduciendo la distancia de difusión que debe salvar el oxígeno y otros nutrientes para alcanzar los miocitos [20].

Durante el ejercicio se llevan a cabo 3 procesos que son fundamentales para asegurar el abastecimiento necesario de sangre a los músculos:

1.- Descarga masiva del simpático: provoca una estimulación cardiaca elevando la frecuencia del latido y la fuerza de bombeo, aparece vasoconstricción de arteriolas periféricas, excepto en músculos activos, donde están regidas por la acción de vasodilatadores musculares locales, reduciendo temporalmente el flujo sanguíneo en las zonas no implicadas en el esfuerzo desviando la sangre hacia los músculos requeridos, este efecto proporciona hasta un total de 2 litros de sangre adicionales para el riego muscular. Finalmente las venas y se contraen con tal potencia que aumenta la presión promedio de llenado sistémico [18,19,20].

Aparte de la estimulación adrenérgica inducida directamente por centros nerviosos superiores, existe la evidencia de señales reflejas que, desde los músculos en contracción, se dirigen hacia la médula espinal y de ahí al centro vasomotor y estimulan los nervios simpáticos. Dichas señales se inician por acción de productos metabólicos finales sobre terminales nerviosas sensitivas situadas en el tejido muscular [20].

2.- Aumento de la presión arterial: Se presenta como consecuencia de los mecanismos explicados anteriormente, vasoconstricción arteriolar, aumento del bombeo cardiaco y al gran aumento de la presión de llenado circulatorio, estos 3 efectos sumados llevan a un aumento de la presión arterial en función de las condiciones en que se realiza el ejercicio [15,18,19,20].

Si el esfuerzo es muy intenso, pero involucra pocos grupos musculares, la respuesta vasodilatadora solo sucede en escasos músculos activos, por tanto el efecto neto es de vasoconstricción. Por otra parte, cuando se utilizan grandes grupos musculares, el efecto es de vasodilatación generalizada. Este efecto provoca un aumento en el riego sanguíneo muscular de aproximadamente 20 litros/min, este aumento es posible por que se eleva la fuerza que empuja la sangre hacia los vasos tisulares hasta un 30%, además que la vasodilatación de dichos vasos tisulares permite que el flujo aumente un 100% adicional [17,22,24].

3.- Aumento del gasto cardiaco: Depende casi por completo de la estimulación simpática del corazón que aumenta la frecuencia cardiaca de forma importante, además de la fuerza de contracción, sin embargo influye también el retorno venoso que aumenta por la presión de llenado circulatorio y por la tensión de músculos abdominales y otros músculos que comprimen el sistema de capacitancia. Con el ejercicio el gasto cardiaco puede aumentar hasta un 700% [20,21,22,23].

Sin embargo, es importante valorar también, las propiedades contráctiles del corazón, que se manifiestan de 2 maneras: por el grado de estiramiento de las fibras musculares cardiacas cuando comienza la contracción, lo que se llama precarga, y también por la carga contra la cuál el músculo ejerce su fuerza contráctil, la poscarga.

Se considera precarga el volumen de sangre que hay en el ventrículo al final de la diástole, es decir el volumen diastólico terminal. La poscarga del ventrículo es la presión existente en los vasos de la circulación periférica [20].

Cada tejido periférico de la economía controla su propio flujo sanguíneo, este volumen regresa por el sistema venoso a la aurícula derecha, el corazón a su vez lo impulsa automáticamente, mandándolo a las arterias de la gran circulación. Esta capacidad intrínseca para adaptarse a las cargas variables de sangre que le llegan y permite la eficiencia de la función de bomba del corazón, se denomina mecanismo de *Frank Starlin*. [17,20].

Para valorar la función cardiovascular se utiliza una prueba gradual de esfuerzo, que debe presentar una intensidad determinada con parámetros

específicos para establecer la capacidad aeróbica basado en el hecho que el máximo rendimiento es proporcional al máximo estado estable del consumo de oxígeno [15,16,17].

La potencia aeróbica se define como la capacidad orgánica de realizar un ejercicio dinámico que involucre grupos musculares principales que abarquen por lo menos la séptima parte de la musculatura total, de intensidad moderada durante periodos prolongados de tiempo [15].

La capacidad aeróbica puede ser estimada con la frecuencia cardiaca medida antes, durante y después del esfuerzo, contrastándola con la energía aplicada, ya que existe una relación lineal representada por nomogramas, entre la frecuencia cardiaca, el consumo de oxígeno y el gasto energético [25].

Para realizar las pruebas de esfuerzo en el laboratorio se necesita un ergómetro, que puede ser una banda sin fin, un cicloergómetro o un remoergómetro, que pueda regular la intensidad y la duración del ejercicio.

El tipo de ergómetro más adecuado en la valoración del VO_2 Max, es la banda sin fin, ya que obliga al deportista a utilizar más grupos musculares, permitiendo alcanzar mayores niveles de consumo de oxígeno. Además la banda sin fin es el ergómetro que con más exactitud representa las condiciones de trabajo real en el campo de juego. Existen diversos protocolos para una prueba de esfuerzo en banda sin fin que varían la velocidad y la inclinación de la misma.

El protocolo de Bruce sigue siendo el más empleado, sin embargo, para realizarlo hay que utilizar grandes y desproporcionados incrementos cada 3 minutos [15,16,17].

Los protocolos de Bruce, Ellestad o Puigh son más idóneos para hacer pruebas con jóvenes o personas activas, mientras que los protocolos con incrementos menores como el Naughton, Balke-Ware, USAFSAM, están indicados para ancianos, personas con bajo nivel de capacidad aeróbica y pacientes con enfermedades respiratorias o cardiovasculares [15,17].

El protocolo de Puigh mantiene una inclinación constante, siendo este un protocolo adecuado para la valoración de deportistas dado que corresponde de

forma más aproximada al gesto motor propio del atleta que realiza su ejercicio en superficie plana. Cada etapa del protocolo consta de 3 minutos, incrementándose la velocidad en 2 km cada etapa y la inclinación se mantiene constante en 1% [26].

La prueba termina cuando el individuo presenta fatiga muscular o malestar general, si finaliza todas las etapas de las que consta el protocolo establecido para la evaluación, o bien si alcanza su frecuencia cardiaca máxima teórica, la cual se obtiene a partir de la edad del paciente con la siguiente fórmula:

$$F_c \text{ max} = 220 - \text{edad}$$

Esta fórmula tiene un error predictivo del 10 al 15% [15].

La ecuación descrita por Puigh (Tabla 1), para el cálculo del consumo de oxígeno en cifras relativas para la banda sinfin es la siguiente:

$$VO_2 \text{ max} = (3.656 \times \text{Velocidad alcanzada}) - 3.99$$

Tabla 1
Protocolo de Puigh

ETAPA	VELOCIDAD KM/HR	INCLINACIÓN %	VO2 MAX ML/KG/MIN
1	4	1	10.6
2	6	1	17.9
3	8	1	25.3
4	10	1	32.6
5	12	1	39.9
6	14	1	47.2
7	16	1	54.5
8	18	1	61.8
9	20	1	69.1
10	22	1	76.4

*TABLA TOMADA DEL FORMATO DE EVALUACIÓN ERGOMÉTRICA DE MEDICINA Y CIENCIAS APLICADAS AL DEPORTE. CONADE 2001.

Antes de comenzar el ejercicio debe realizarse un electrocardiograma en reposo en decúbito supino, en bipedestación y después de realizar 30 segundos de hiperventilación, para descartar falsos positivos en la interpretación del electrocardiograma, medir la frecuencia cardiaca y la presión arterial, esta



valoración previa nos sirve para detectar factores de riesgo coronario y determinar el grado de aptitud para el ejercicio de cada individuo [27].

El monitoreo cardiaco consiste en la valoración de frecuencia cardiaca, presión arterial y cambios electrocardiográficos, que principalmente nos indiquen isquemia o arritmias graves durante el esfuerzo. Para la valoración electrocardiográfica lo ideal es poder explorar el mayor número de derivaciones incluyendo todas las bipolares y unipolares de los miembros y las precordiales, sin embargo se pueden utilizar derivaciones bipolares como la CR5 o la CM5, que utilizan la derivación precordial V5 como electrodo positivo, con un grado alto de sensibilidad para detectar alguna patología coronaria [27,28].

La presión arterial se mide con baumanómetro y un estetoscopio y debe ser registrada al cambiar las etapas de cada protocolo. Es importante tomar en cuenta los datos clínicos del evaluado durante la prueba.

Sobre la frecuencia cardiaca máxima durante el ejercicio y la rapidez con que se alcanza, influyen un gran número de factores, que incluyen el tipo de esfuerzo, el estrés emocional durante este, la temperatura ambiental y grado de humedad relativa, y sobretodo el estado cardiovascular del deportista [27,29].

La aceleración del corazón puede iniciar antes de empezar la prueba, debido a tensión muscular o a un estado de alerta para realizar un ejercicio impuesto. Este aumento preliminar en la frecuencia cardiaca está causado por influencia de la corteza cerebral sobre los centros cardiacos [27,29].

La frecuencia cardiaca representa el parámetro más seguro y fácil de monitorear, cada individuo alcanza una frecuencia cardiaca *máxima real* que representa un porcentaje de la frecuencia cardiaca máxima teórica. Durante la prueba de esfuerzo, el individuo deberá alcanzar el 85% de la frecuencia cardiaca máxima teórica esperada para la edad, siendo una prueba con mayor grado de sensibilidad [27].

La presión arterial se eleva en forma proporcional a la intensidad del esfuerzo físico, y se considera que una elevación superior a 15 mmHg de la presión arterial sistólica por cada Met (unidad metabólica = 3.5ml/kg/min) es anormal, el aumento en promedio debe ser de 7 a 10 mmHg por cada Met y en el esfuerzo

máximo puede llegar hasta valores de 190 a 240 mmHg [27,28]. Existen 3 tipos de respuesta presora:

- 1) Normal, cuando la presión arterial sistólica aumenta de 50 a 70 mmHg durante todo el esfuerzo y la presión diastólica de 5-15 mmHg.
- 2) Plana, cuando la presión arterial sistólica suba entre 20 y 50 mmHg y la presión arterial diastólica se mantenga entre 5-10 mmHg encima de la cifra basal.
- 3) Hipertensiva, si la presión arterial sistólica aumenta desde las primeras etapas más de 70-90 mmHg y la presión arterial diastólica de 15 a 25 mmHg [27,28].

Las indicaciones para la finalización de la prueba de esfuerzo se enumeran en las Tablas 2 y 3.

Tabla 2
Indicaciones para la finalización de la prueba de esfuerzo

Indicaciones absolutas.
- Dolor precordial acompañado de desnivel ST mayor de 4 mm,
- Arritmias serias: bloqueo auriculoventricular de 2° o 3° grado, taquicardia supraventricular sostenida o aumento de las extrasístoles ventriculares, fibrilación auricular con respuesta ventricular rápida
- Descenso de la tensión arterial sistólica (TAS), de 5 A 10 mmHg por etapa, o hasta 15 mmHg respecto a la basal.
- Aumento de la tensión arterial diastólica (TAD), de 15 a 25 mmHg por etapa, o hasta 130 mmHg total.
- Aumento de la TAS de 20 mmHg por etapa, o hasta 260 mmHg total
- Disminución de la frecuencia cardíaca con el aumento de la carga.
- Alcanzar la frecuencia cardíaca máxima teórica.
- Angina progresiva.
- Signos de mala irrigación: palidez, cianosis, piel fría y viscosa.
- Disnea por broncoespasmo o datos insuficiencia cardíaca.
- Ataxia, vértigo, mareos, inestabilidad o desorientación.
- Agotamiento físico.
- Negativa del paciente para continuar el ejercicio.

TABLA MODIFICADA DE JACC GUIDELINES FOR EXERCISE TESTING

Tabla 3
Indicaciones para la finalización de la prueba de esfuerzo

Indicaciones relativas.
- Depresión o elevación del ST mayor de 2 mm y menor de 4 mm.
- Bloqueo de rama inducido por ejercicio.
- Episodios de taquicardia.
- Dolor precordial.
- Manifestaciones verbales o físicas de fatiga o disnea.
- Calambres.
- Falla del monitoreo.

TABLA MODIFICADA JACC. GUIDELINES FOR EXERCISE TESTING.

Como ya se mencionó, para valorar la capacidad aeróbica, es importante obtener el VO_2 Max, que es una medida global de la función cardiorrespiratoria y metabólica, y debe ser valorado ya sea directa o indirectamente. El objetivo principal del sistema cardiovascular durante el esfuerzo físico, es llevar el mayor volumen de oxígeno al efector muscular para satisfacer adecuadamente las demandas energéticas que le son impuestas. Cuanto más intenso es el esfuerzo, mayor será el consumo de energía requerido y por tanto mayor la demanda de oxígeno.

El umbral máximo de la intensidad del esfuerzo dependerá de la velocidad con que el oxígeno sea utilizado por los fenómenos fisicoquímicos intracelulares de los que depende la producción de energía. Esta energía puede ser obtenida por dos vías metabólicas: anaeróbica y aeróbica.

Para evaluar la adaptación cardiovascular al ejercicio se requieren esfuerzos prolongados y de intensidad gradualmente progresiva, las variaciones de la intensidad del trabajo muscular determinan variaciones directamente proporcionales del consumo de adenosín trifosfato (ATP), si no hubiera mecanismos de resíntesis, la concentración de ATP disminuiría proporcionalmente con la intensidad del esfuerzo, provocando la consiguiente disminución de la contracción muscular [15,17,27].

Cuando las reservas de ATP disminuyen entre un 30% y un 50%, se produce una interrupción en la contracción muscular, por lo tanto la velocidad de resíntesis del ATP es primordial para determinar la intensidad del trabajo [30,31].

Si existen cambios en la concentración de ATP se activa la resíntesis por medio de la vía del ATP-PC (fosfocreatina), que regula los procesos oxidativos y la concentración libre intracelular del adenosín difosfato (ADP), actuando como regulador del nivel de la demanda energética por lo tanto la mayor concentración de PC aumenta los procesos oxidativos [30,31].

Si falta ADP no se oxida ácido acético, para producir Acetil-CoA, si una célula consume poco ATP, se forma poco ADP y así quedará reducido el proceso oxidativo, autorregulando el consumo y la producción de energía.

Al inicio de un ejercicio siempre hay un déficit oxidativo, que debe ser compensado por las reservas energéticas de las vías anaeróbicas, generándose una deuda de oxígeno, el tiempo para reestablecer esta deuda de oxígeno varía desde 30 segundos hasta algunos minutos [30,31].

Los elementos que regulan la velocidad de oxidación influyen a nivel del proceso de difusión de la membrana mitocondrial y la consiguiente activación de las enzimas de la mitocondria. La concentración de dinucleótido de nicotinamida (NADH+) y ADP activan dichas enzimas, por lo tanto el cociente ATP/ADP actúa como regulador de la actividad enzimática mitocondrial [30,31].

Uno de los factores que afectan el cociente ATP/ADP es el descenso del pH, además inhibe la resíntesis de PC. La caída del ATP a niveles de 3 mmol/kg, determina que el músculo pierda capacidad de contracción y de generar trabajo [30].

Al consumirse un 60-70% de la PC, se inicia la formación masiva de ácido láctico. Esto significa que la glucólisis se activa al 60 o 80% de la máxima capacidad aláctica. Luego de los 5 segundos iniciales comienza a aumentar el componente láctico del metabolismo [30].

Al relacionar la intensidad del trabajo muscular contra una carga externa conocida, se observa una relación lineal, hasta un punto llamado de deflexión,

donde la intensidad es máxima y corresponde al trabajo máximo que el músculo es capaz de realizar utilizando el metabolismo aeróbico, dicha intensidad puede ser determinada por la frecuencia cardíaca alcanzada durante el esfuerzo y corresponde generalmente, al 85% de la frecuencia cardíaca máxima teórica que un individuo puede alcanzar, determinando entonces el VO_2 Max y con esto la potencia aeróbica [25,30].

Los factores que influyen al VO_2 Max incluyen el gasto cardíaco, presión parcial de oxígeno, y la capacidad tisular de extracción de oxígeno, las dos últimas determinadas por la capacidad enzimática mitocondrial del músculo esquelético para incrementar el metabolismo aeróbico. Otros factores que intervienen en este proceso son la concentración de hemoglobina y el intercambio gaseoso a nivel alveolar, sin ser realmente determinantes.

Al terminar la prueba de esfuerzo y obtener el valor de VO_2 Max de forma indirecta, es importante dar un criterio de interpretación de dicho resultado para evaluar la capacidad del atleta. A continuación se presenta en la Tabla 4 los valores del VO_2 Max, para los deportes de juegos con pelota:

Tabla 4

**Consumo Máximo de Oxígeno ml/kg/min
Deportes de Juegos con Pelota**

CALIFICACIÓN	1	2	3	4	5
HOMBRES	<44	44-51.9	52-56	57-62	>62
MUJERES	<35	35-43	44-48	49-53	>53
	MUY MAL	MAL	REGULAR	BUENO	EXCELENTE

*TABLA TOMADA DE FORMATO DE EVALUACIÓN ERGOMÉTRICA DE MEDICINA Y CIENCIAS APLICADAS AL DEPORTE. CONADE 2001.



3.3 EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD PULMONAR.

Los dos principales componentes de la función pulmonar son la ventilación y el intercambio gaseoso, y ambos deben tener amplias reservas para garantizar una función adecuada aún en niveles altos de ejercicio.

La ventilación pulmonar es el volumen de aire que entra y sale de los pulmones en una unidad de tiempo y depende de las propiedades mecánicas y el tamaño de los pulmones.

Los volúmenes pulmonares varían de acuerdo a talla, edad, sexo y volumen pulmonar; los individuos más altos, tienen una mayor capacidad ventilatoria y de excreción de dióxido de carbono, por lo tanto controlan mejor la PaCO_2 y evitan la acidosis metabólica. Si bien, como se expuso antes, la ventilación no afecta el rendimiento del atleta, el aumentar esta capacidad permite controlar mejor los factores metabólicos limitantes [15].

En niveles bajos a moderados de ejercicio, la ventilación se incrementa en proporción a la producción de dióxido de carbono. En estos niveles de actividad física la tensión arterial de dióxido de carbono y el pH son constantes, al aumentar la intensidad, el ácido láctico se incrementa, siendo amortiguado por el bicarbonato de sodio, y el ácido carbónico producido, se disocia en agua y dióxido de carbono que es expelido por los pulmones, este punto coincide con el umbral anaeróbico [33].

Cuando el ejercicio es intenso, llega un momento donde la producción de dióxido de carbono rebasa el consumo de oxígeno, y se asocia a un incremento no lineal de la ventilación, resultando en un equivalente ventilatorio del oxígeno aumentado (VE/VO_2), con un equivalente ventilatorio del dióxido de carbono (VE/VCO_2) estable.

Ya que existen diferentes respuestas del oxígeno y el dióxido de carbono en este punto, el ratio de intercambio respiratorio se incrementa, por tanto, mediante el análisis de los gases espirados se puede determinar el umbral anaeróbico [15,33].

El índice de VCO_2/VO_2 se puede incrementar de 0.7-0.8 en ejercicio de baja intensidad a 1.0 con moderada intensidad, hasta 1.1-1.3 en ejercicio muy intenso [33].

Para la regulación del pH arterial, al pasar el umbral anaeróbico, se requiere que la presión parcial de CO_2 ($PaCO_2$) disminuya en proporción a la concentración de bicarbonato, e incrementar la ventilación que se requiere para excretar la misma cantidad de dióxido de carbono. Si una persona es capaz de soportar una $PaCO_2$ elevada durante el ejercicio necesitará una menor ventilación, es decir existe una menor quimiosensibilidad a la hipercapnia, este comportamiento es generalmente observado en los atletas resistenciales [15,33].

Es generalmente aceptado, que la ventilación no es un factor limitante en niveles altos de ejercicio, a pesar de que el consumo de oxígeno de la musculatura respiratoria se incrementa no interfiere con dicho consumo en los músculos implicados en el ejercicio.

Las medidas pulmonares que reflejan la capacidad del individuo para aumentar la profundidad de la ventilación se pueden referir como volúmenes pulmonares, éstos se dividen en [32]:

I Volúmenes estáticos.

- 1) Volumen corriente (VC), es el volumen de aire movido durante la inspiración y la espiración de cada ciclo respiratorio, en condiciones normales varía de 0.4 a 1.0 litro de aire por ciclo respiratorio.
- 2) Volumen inspiratorio de reserva (VIR), es el volumen adicional por arriba del aire inspirado y representa la capacidad de reserva para inhalar, puede ser de 2.5 a 3.2 litros.
- 3) Volumen espiratorio de reserva (VER), posterior a una exhalación normal, el aire que puede ser expulsado de los pulmones y varía entre 1.0 y 1.5 litros.

- 4) Capacidad vital forzada (CVF), es el volumen total de aire que puede ser desplazado voluntariamente en un ciclo respiratorio desde inspiración completa hasta espiración máxima, y sus valores son de 4 a 5 litros.
- 5) Volumen residual (VR), al exhalar profundamente, que da un remanente de aire que no puede ser exhalado y su valor promedio es de 1.0 a 1.3 litros.

II Volúmenes dinámicos.

- 1) Volumen espiratorio forzado (VEF 1), es el porcentaje de la capacidad vital que puede ser expulsado en 1 segundo, proporciona una indicación de la potencia respiratoria y resistencia general del árbol bronquial. Debe resultar del 85%.
- 2) Volumen ventilatorio máximo (VVM), es el volumen conseguido durante 15 segundos de ventilación rápida y profunda, que se extrapola a 1 minuto de esfuerzo ventilatorio, debe alcanzar valores de 140 a 180 litros por minuto.

La función ventilatoria está conformada por la capacidad pulmonar total que es la cantidad de aire contenido en los pulmones en una inspiración máxima; la capacidad vital es el máximo volumen de aire que puede ser expelido de los pulmones de manera forzada después de una inspiración máxima; la capacidad funcional residual es el volumen de aire remanente en los pulmones después de una espiración en reposo, esta capacidad está compuesta por el volumen espiratorio de reserva que es el máximo volumen de gas que puede ser expelido a partir del nivel final de espiración y por el volumen residual que es el volumen de aire remanente en los pulmones después de una espiración máxima [32]

La información sobre la capacidad ventilatoria puede obtenerse mediante una espirometría. Las pruebas más comúnmente usadas en esta son:

- 1) Volumen espiratorio forzado (VEF1).
- 2) Capacidad vital forzada (CVF).
- 3) Volumen ventilatorio máximo (VVM).

Al incrementar los volúmenes pulmonares, la presión intrapleural aumenta y existe una compresión de la vía aérea y por tanto no existe un aumento en el flujo espiratorio, este efecto se conoce como *la compresión dinámica de la vía aérea*. A pesar de este efecto de compresión, la ventilación no disminuye durante el ejercicio, es decir, las propiedades mecánicas del pulmón no limitan la ventilación en el esfuerzo [15,32].

3.4 EVALUACIÓN DE LA POTENCIA ANAERÒBICA. ALÀCTICA Y LÁCTICA

Entre las características físicas que debe poseer una jugadora de fútbol, la potencia anaeróbica representa una de las más importantes. Los métodos con que se puede valorar son diversos, sin embargo, no todos pueden proporcionar información detallada de los procesos bioenergéticos que intervienen en los mecanismos neuromusculares.

Las miocitos son células especializadas en la formación de energía química y su conversión en energía mecánica (obtención y utilización de ATP)

El músculo es capaz de extraer energía en ausencia de oxígeno, y en principio se sabe que la potencia energética del músculo en estas condiciones, es muy superior a la que es capaz de obtener mediante mecanismos aeróbicos.

Los procesos implicados en la obtención de energía por vía anaeróbica son:

- 1) Utilización de fosfocreatina como sustrato energético, mecanismo anaeróbico aláctico, que permite realizar ejercicios de corta duración con una intensidad muy alta.
- 2) Utilización de glucosa como sustrato energético, proceso llamado anaeróbico láctico, produciendo ácido láctico como resultado de reacciones químicas

cuyo objetivo es la obtención de energía de la glucosa sin la presencia de oxígeno, la intensidad que permite esta vía es inferior a la anterior, por lo tanto el tiempo es mayor hasta un nivel donde la acidez del organismo no sea excesiva.

El funcionamiento de estos sistemas de producción de energía es dinámico, es decir, todos, incluyendo los mecanismos aeróbicos, funcionan a la vez, lo que sucede es que la aportación de cada uno es diferente dependiendo el tipo y del tiempo de ejercicio que se realice basándose principalmente en la intensidad del esfuerzo.

En la tabla 5 se presentan los tiempos y los factores que determinan a cada uno de los sistemas de obtención de energía durante el esfuerzo.

El trabajo muscular a nivel bioquímico, está dado por la hidrólisis del ATP, formando ADP y fosfato inorgánico, esta reacción está catalizada por la enzima miosina atepasa [30,34].

La cantidad de ATP disponible en el músculo debe ser resintetizada si el ejercicio dura más de algunos segundos, uno de los mecanismos de resíntesis implicados es el de la PC [30].

Este sistema involucra la transferencia de fosfato inorgánico por medio de la fosforilación del ADP para formar ATP, reacción catalizada por la enzima creatín cinasa, este sistema es muy rápido y se asocia a una intensidad maximal de ejercicio y metabólicamente no necesita oxígeno [30,34].

Tabla 5
Características de los sistemas de producción de energía

	Vía anaeróbica aláctica	Vía anaeróbica lactácida	Vía aeróbica
Comienzo	Inmediato	20 a 30 seg	3 minutos
Saturación	10-12 seg	1:30 hasta 3 min	Indefinido
Factor limitante	Depleción de PC	Depleción de glucógeno Descenso de pH	Pérdida de agua Elevación de la temperatura
Intensidad de energía	Máxima	Submáxima	Media y baja
Sustrato energético	ATP libre y PC	Hidratos de carbono	Hidratos de carbono Grasas Proteínas
Metabolitos	Fosfato inorgánico	Acido láctico	Agua y CO ₂

Tomado de Entrenamiento de corredores de medio fondo y fondo. García Manzo.

La capacidad de un atleta para realizar esfuerzos muy intensos depende de la reposición de las reservas de fosfágenos, cuyo periodo medio de reposición es de 20 a 30 segundos, por lo tanto, una recuperación total debe darse entre 2 a 3 minutos. La participación del sistema del oxígeno en la reposición del fosfágeno muscular se refleja en un aumento de su consumo durante la primera parte del periodo de recuperación, la llamada deuda de oxígeno la cuál tiene un componente rápido: deuda alactácida de oxígeno que se cancela en 2 a 3 minutos como se menciono anteriormente [30].

Para la valoración de la potencia anaeróbica aláctica se utilizó el método de Mirón Georgescu, la metodología de la prueba consiste en efectuar 30 saltos verticales sobre el mismo lugar y con la mayor rapidez posible. Los saltos se realizan sobre una plataforma electrónica que registra el tiempo en que el atleta se encuentra en el aire, y el tiempo en contacto con la plataforma. Se calcula la altura del salto, el trabajo mecánico, tomando en cuenta el peso corporal y la potencia anaeróbica máxima, que es la relación entre el trabajo mecánico y el tiempo de preparación del salto [26].

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Las fórmulas matemáticas para calcular los valores son:

$$P.An. Max = TM \times 1.5/Tc$$

TM = Trabajo mecánico realizado durante el salto

1.5 = Trabajo de aterrizaje

Tc = Tiempo de contacto con la plataforma

$$TM = A \times Pc$$

A = Altura del salto

Pc = Peso corporal

$$A = \frac{1}{2} g \times (Tv/2)$$

g = Aceleración de la gravedad

Tv = Tiempo de vuelo

El ácido láctico es un metabolito intermediario cuya formación y distribución representa un importante paso en la coordinación de las funciones metabólicas en los diversos tejidos, funciona como fuente de energía, forma de disposición de los carbohidratos de la dieta y como regulador de la glucosa en sangre y el glucógeno del hígado, sin embargo contribuye a la fatiga muscular por la acidosis metabólica que produce [34,35].

El ácido láctico se transforma muy rápidamente y la concentración en sangre y músculo es muy baja en comparación con la gran cantidad que es formado y removido continuamente. Es importante considerar que un incremento en su concentración no significa que la producción haya aumentado, ya que una disminución en el aclaramiento puede incrementar la concentración circulante. El ácido láctico es formado y removido de forma continua y frecuente aún durante el reposo [34,35,36].

Luego de ser digeridos en el intestino, los hidratos de carbono ingresan al hígado en forma de glucosa, sin almacenarse, sino que sale a la circulación llegando a los diversos tejidos blanco, donde se produce su conversión en ácido láctico, el cual vuela a la circulación, por la vía de la arteria hepática regresa al hígado donde es el precursor directo de la formación de glucógeno hepático [36]

Este proceso que se denomina *paradoja de la glucosa*, y el objetivo es transformar un metabolito de lento aclaramiento, la glucosa, en un metabolito que se puede utilizar de forma más rápida como el ácido láctico [34,35]. Por esta vía se acelera el aprovechamiento de los hidratos de carbono de la dieta, evitando una salida brusca de insulina a la sangre o la utilización de la síntesis de ácidos grasos. La mayor parte del ácido láctico formado por la conversión de la glucosa que proviene de la dieta es convertido a glucógeno hepático o utilizado directamente como reserva energética.

G.A. Brooks, propone en 1989 la hipótesis del *shuttle del ácido láctico*, la cual sostiene que este puede ser utilizado como combustible o bien como regulador de la gluconeogénesis o glucogenogénesis, en tejidos donde el glucógeno y la glucosa son utilizados en grandes proporciones [34].

Si el ácido láctico formado en fibras musculares activas alcanza fibras adyacentes, puede ser oxidado alternativamente y puede ingresar en la red capilar y de ahí pasar a la circulación general.

Al iniciar el ejercicio se produce una aceleración de la glucólisis y la glucólisis en el músculo, lo que lleva a un aumento en la producción del ácido láctico y su elevación en sangre depende del volumen y la intensidad del esfuerzo [34,35,36].

Una vez que el ácido láctico es producido y se encuentra en la circulación sistémica, existen varias posibilidades para su utilización. Además de la remoción dentro de fibras musculares altamente oxidativas, cierta cantidad es utilizada como sustrato energético por el corazón.

Aproximadamente el 75% del ácido láctico producido durante el estado estable, en ejercicio submáximo, es rápidamente usado como fuente de producción de energía aeróbica [33,35].

Si la intensidad del ejercicio aumenta hasta un límite donde el metabolismo aeróbico por sí sólo no puede generar toda la energía necesaria, el músculo comenzará a utilizar energía procedente del sistema anaeróbico láctico comenzando a producirse ácido láctico, sin embargo existen sistemas de aclaramiento que

impiden su acumulación pudiendo mantener la intensidad durante algún tiempo [36].

Aproximadamente el 25% del ácido láctico disponible en la circulación durante el ejercicio, es metabolizado en hígado y riñones, esta remoción previene al organismo de una acumulación en sangre, además se activa la gluconeogénesis a partir del ácido láctico en el hígado durante el ejercicio prolongado, la cual influye en la adecuada concentración de glucosa en la sangre [35,36].

Si la intensidad del esfuerzo continúa aumentando, comienza la acumulación de ácido láctico bloqueando el sistema de aclaración, por lo cual se debe disminuir la intensidad del esfuerzo.

El ácido láctico, en contraste con la glucosa, es un sustrato con menor peso molecular por lo tanto su difusión a través de las membranas celulares es más rápida y no necesita la presencia de un cofactor como la insulina [35].

En el punto de máxima intensidad, donde se presenta una interacción entre metabolismo aeróbico y anaeróbico, se conoce como *umbral aeróbico- anaeróbico* Mader Y cols. lo establecieron cuando se alcanzan los 4 mmol/lit en sangre [34] .

La concentración del lactato es representativa del medio intracelular muscular solamente al cabo de un cierto tiempo, durante el cual el lactato es removido de la célula.

La determinación del lactato puede representar un límite muy importante en la dosificación de las cargas de trabajo, establece las variaciones del rendimiento o de los componentes individuales del mismo, en el transcurso de un programa de entrenamiento, posibilitando el control objetivo de los resultados obtenidos en diferentes periodos.

Los protocolos aplicados en la evaluación funcional, permiten cuantificar el rendimiento metabólico, ya sea en campo o en laboratorio, de un modo específico y preciso, obteniendo pautas de control específicas y de fácil reproducción en el campo deportivo como la velocidad de desplazamiento, los tiempos por distancia, el rango de frecuencia cardiaca para cada umbral o área funcional y las características de la recuperación.

La intensidad del esfuerzo determinará la vía metabólica que necesitan los músculos implicados en el esfuerzo, estableciendo el flujo de energía y utilización de los sustratos como manifestación específica de la actividad metabólica muscular.

Entre los efectos adversos del ácido láctico podemos enumerar los siguientes [34,35,36]:

- 1) Acidosis metabólica de células musculares principalmente, que interfiere con la función de enzimas oxidativas mitocondriales.
- 2) Interfiere en procesos de coordinación intra e intermuscular, por lo tanto los gestos técnicos se ven alterados en niveles de lactato entre 6-8 mmol/lit.
- 3) La acidosis muscular produce microrupturas que son factor predisponente de lesiones mayores.
- 4) El sistema de los fosfatos es afectado por que se interfiere con la resíntesis de ATP.
- 5) Se inhibe la oxidación de ácidos grasos.

Para establecer los parámetros de intensidad de una jugadora de fútbol durante un partido se pueden utilizar las mediciones de ácido láctico y frecuencia cardiaca.

La frecuencia cardiaca alcanzada tiene valores por encima del 85% de la Fc Max teórica, aproximadamente hasta 185 latidos por minuto, mientras que el ácido láctico alcanza valores entre 8 y 12 mmol/lit .

4. METODO DE INVESTIGACIÓN

4.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Ya que no existen perfiles de rendimiento en mujeres que practiquen fútbol asociación, se utilizan parámetros establecidos en hombres para dirigir los entrenamientos y establecer las cargas de trabajo, sin tomar en cuenta la diferencia biológica y las determinantes del rendimiento que influyen en las mujeres.

Por tanto, surgen 2 preguntas para explicar dicho planteamiento

¿Cómo se puede caracterizar el perfil funcional de la jugadora de fútbol asociación?

¿De que magnitud son las variables funcionales de las jugadoras que integran la selección nacional femenil de fútbol asociación?

4.2 JUSTIFICACIÓN

Hasta la fecha existe escasa información de la determinación del ergotipo en jugadoras de fútbol asociación femenil nacionales, que evalúen sus características fisiológicas que determinan la capacidad de rendimiento.

La magnitud de la población que puede beneficiarse del estudio es grande, dado el constante desarrollo de fútbol femenil en nuestro país. El impacto consiste en que se establecen parámetros que reflejan la capacidad de rendimiento y sirven como base para dirigir el entrenamiento.

Es importante tomar en cuenta que los recursos técnicos utilizados para la evaluación no son accesibles para cualquier población, sin embargo los parámetros estudiados si funcionan como referencia de rendimiento.

4.3 OBJETIVOS

Objetivo general:

Establecer un perfil de la capacidad física de la jugadora de fútbol asociación femenil en el país.

Objetivos específicos:

- 1) Establecer el ergotipo de la Selección Nacional de fútbol asociación femenil.
- 2) Determinar los parámetros físicos y las exigencias de rendimiento por posición.

Para cumplir estos objetivos se realizarán las siguientes determinaciones:

- a) Electrocardiograma en reposo.
- b) Consumo máximo de oxígeno de forma indirecta con prueba de esfuerzo.
- c) Respuesta presora y cronotrópica durante el esfuerzo.
- d) Recuperación postesfuerzo mediante frecuencia cardíaca
- e) Capacidad pulmonar mediante espirometría.
- f) Curva de ácido láctico durante la prueba de esfuerzo.
- g) Prueba en plataforma de potencia anaeróbica.

4.4 METAS

Realizar una valoración ergométrica a 18 jugadoras de la Selección Nacional femenil de fútbol asociación, establecer parámetros físicos y de rendimiento por posición

Se trata de un estudio descriptivo, transversal, observacional, clínico

Universo de trabajo: 18 jugadoras de la selección nacional de fútbol asociación femenil.

Objetivo poblacional: Todas las jugadoras de fútbol asociación femenil del país.

Criterios de inclusión:

- 1) Ser jugadora en activo de la selección nacional femenil de fútbol asociación.
- 2) Estar de acuerdo en realizar la evaluación funcional.

Criterios de exclusión:

- 1) Ser dada de baja del equipo nacional femenil de fútbol asociación.
- 2) Las jugadoras que no estén de acuerdo en realizar la valoración funcional
- 3) Aquellas jugadoras que tengan contraindicaciones absolutas o relativas para realizar la valoración funcional.

Criterios de eliminación:

- 1) Aquellas jugadoras que no realicen la valoración funcional.

5. MATERIAL Y METODOS

Se realizó una evaluación morfofuncional única, durante el período competitivo, la cual incluyó:

- 1) Historia clínica médico-deportiva, haciendo énfasis en el interrogatorio y exploración de los sistemas cardiovascular y osteomuscular.
- 2) Electrocardiograma de reposo con 12 derivaciones.
- 3) Espirometría.
- 4) Prueba en plataforma de potencia anaeróbica.
- 5) Prueba de esfuerzo, con protocolo de Puigh.
- 6) Curva de ácido láctico, con las siguientes determinaciones: basal, en reposo, al término de cada etapa del protocolo de Puigh y a los 5, 10 y 15 minutos de terminada la prueba.

Todas las jugadoras son miembros de la selección nacional femenil de fútbol asociación, actualmente dentro de periodo competitivo, concentradas en instalaciones de la Comisión Nacional del Deporte (CONADE) y preparándose para asistir a un torneo internacional en la ciudad de Houston, Texas en los E.U.A.

La evaluación morfofuncional se realizó en las instalaciones de la Dirección de Medicina y Ciencias Aplicadas al Deporte de la CONADE, en la Cd. de México.

5.1 HISTORIA CLÍNICA

Como parte de la integración del expediente y para descartar posibles contraindicaciones para la realización de las pruebas, se interrogó y exploró a las pacientes para integrar su historial médico-deportivo, haciendo énfasis en la detección de patologías osteomusculares y/o factores de riesgo cardiovascular.

Originalmente el universo estaba compuesto por 18 jugadoras, pero se eliminaron a 3 que presentaron contraindicación relativa para realizar la prueba de esfuerzo, la primera con un diagnóstico de lumbalgia mecanopostural, la segunda de ellas presentó un cuadro de rinofaringitis, finalmente la última refirió un diagnóstico de entesitis de tubérculo tibial de la pierna derecha.

5.2 ELECTROCARDIOGRAMA EN REPOSO.

Se realizó un electrocardiograma en reposo con un electrocardiógrafo Hewlett Packard, modelo Pagewriter 200, con 12 derivaciones, 6 derivaciones en el plano frontal, 3 de las cuáles son las derivaciones bipolares estándar D1, D2 y D3, siendo las otras 3 derivaciones monopares de las extremidades AVR, AVL y AVF. Las 6 derivaciones restantes son las precordiales monopares: V1, V2, V3, V4, V5 y V6..

El dato más importante para valorar en este estudio es la frecuencia cardiaca de reposo como un indicador de la adaptación cardiovascular crónica al ejercicio, además para dosificar la intensidad del entrenamiento y no se encontró ningún dato electrocardiográfico que contraindique la prueba de esfuerzo.

5.3 CAPACIDAD PULMONAR

La primera prueba fue la espirometría, realizada en un espirómetro Spyrolab 3000.

Previa explicación al paciente acerca de la prueba y que es lo que valora, se le proporcionó una pinza para taponar la fosas nasales y evitar que escapará aire durante la prueba, además se les pidió sellar con los labios la boquilla del espirómetro a través de la cual soplarán.

Para valorar el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF-1), se pidió a la paciente que inspirará la mayor cantidad de aire posible y a continuación exhalar todo el aire que pudiera por la boquilla de forma violenta y mantener la exhalación el tiempo suficiente hasta que la curva de VEF-1 sea completa.

La prueba del volumen corriente (VC), consistió en que el paciente respire normalmente completando varios ciclos respiratorios durante 15 segundos, para completar la curva de VC.

Finalmente para valorar el volumen ventilatorio máximo (VVM), el paciente realizó varias inspiraciones y espiraciones forzadas durante 15 segundos, completando la curva respectiva.

5.4 POTENCIA ANAERÓBICA ALÁCTICA.

A continuación se valoró la potencia anaeróbica en plataforma de Mirón Georgescu. La prueba consistió en realizar 30 saltos verticales sobre el mismo lugar y con la mayor rapidez, sobre la plataforma electrónica que registra el tiempo de vuelo y el tiempo de contacto de la plataforma. Los resultados de potencia aláctica se reportaron en watts, lo que tradujo la eficiencia del metabolismo de los fosfatos.

5.5 VALORACIÓN CARDIOVASCULAR, METABÓLICA Y CURVA DE ÁCIDO LÁCTICO.

La prueba de esfuerzo se realizó en una banda sinfin Trackmaster 1000 con inclinación positiva y negativa, utilizando el Protocolo de Puigh, con inclinación constante de 1%, iniciando a una velocidad de 4 km/hr, aumentando 2 km/hr en cada etapa de 3 minutos.

Se determinaron valores de frecuencia cardiaca y tensión arterial, en reposo, al final de cada etapa del protocolo y a los minutos 1, 3, 5 y 10 del postesfuerzo para establecer la respuesta presora y cronotrópica, que nos indica la recuperación cardiovascular y finalmente, la frecuencia cardiaca máxima alcanzada durante la prueba.

A cada etapa corresponde un valor indirecto y relativo del consumo máximo de oxígeno (VO_2 max), reportado en ml/kg/min. (Ver Tabla 1). Se obtiene el valor absoluto del VO_2 Max, al multiplicar el valor relativo por el peso de los atletas.

Se estableció también el umbral anaeróbico, obteniendo en ese momento los datos de frecuencia cardiaca y velocidad en km/hr en el momento de alcanzar dicho umbral, esto con el objetivo de precisar la intensidad del esfuerzo que alcanzan los atletas utilizando un metabolismo predominantemente aeróbico.

Para la curva de ácido láctico se hicieron las siguientes mediciones:

- ❖ basal
- ❖ reposo
- ❖ al final de cada etapa del protocolo de Puigh
- ❖ al minuto 5, 10 y 15 de recuperación

Se utilizó el método de Noll. F. en H.U. Bergmeyer. [38]. La determinación se realizó con un microsistema de flujo Eppendorf 5261, con una longitud de onda de 365 nm., a una temperatura de 37°C. El equipo es fabricado por el laboratorio Boehringer Mannheim.

La preparación de las muestras se llevó a cabo de la siguiente manera:

- ❖ Se tomó sangre capilar del lóbulo de la oreja hiperemizado con capilares de 20 microlitros.
- ❖ Se efectuó inmediatamente la desproteínización, pipeteando en un recipiente de reacción con ácido perclórico.
- ❖ Se mezcló bien y se centrifugó 2 minutos aproximadamente a 12,000 rev/min.
- ❖ Se mezcló con solución reactiva y se midió la muestra después de 30 minutos.

5.6 COMPARACIÓN DE DATOS DE LA ÉLITE CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Con el fin de determinar el nivel del equipo nacional femenino de fútbol asociación respecto a la élite de este deporte a nivel mundial, se compararon los datos obtenidos del archivo de evaluación morfofuncional de la Dirección de Medicina y Ciencias Aplicadas al Deporte de la CONADE [26], con los resultados de la evaluación que se realizó a las jugadoras del equipo nacional femenino de fútbol asociación.

Ya que existe muy poca información respecto a los valores de parámetros fisiológicos que conforman el ergotipo de la élite de fútbol femenino a nivel mundial, los datos obtenidos para realizar la comparación, solamente serán 3: el VO_2 Max, la potencia aláctica y el volumen ventilatorio máximo. Sin embargo tanto el VO_2 Max como la potencia aláctica son factores importantes para definir el comportamiento de los sistemas energéticos en las jugadoras.

5.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Se procesaron con el sistema Windows SPSS 10.0, realizando un análisis estadístico descriptivo para calcular medidas de resumen de tendencia central como el promedio y de dispersión como la desviación estándar.

6. RESULTADOS

A continuación, en la Tabla 6 se muestran los resultados obtenidos, especificando promedio y desviación estándar (sd) por posición.

Es importante aclarar el caso de las delanteras, ya que se eliminaron 3 jugadoras, de las cuáles 2 eran de la posición de delantero, por lo tanto solamente se tiene 1 caso en dicha posición por lo tanto, no existen valores de promedio ni desviación estándar para esta posición. Sin embargo para los valores alcanzados por esta jugadora, es válido estadísticamente como representación de esta posición de delantero, que se tomen en cuenta para el promedio y desviación estándar totales del equipo.

Tabla 6
Promedio y desviación estándar por posición de parámetros ergométricos de la Selección Nacional Femenil de Fútbol Asociación 2001

POSICIÓN		POTENCIA ALÁCTICA watts	VO ₂ ml/kg/min	VO ₂ ABS	MIETS	FC REPOSO	FC MÁXIMA	UMBRAL ANAERÓBICO minutal/lit	V _M l/min
PORTERO	Promedio	1437.5	43.55	2905.69	12.44	54.00	193.00	2.92	124.00
	Desv. est.	71.41	5.16	323.00	1.47	1.41	1.41	.78	26.87
DEFENSA	Promedio	1441.33	50.83	2929.55	14.52	58.50	192.83	3.78	149.00
	Desv. est.	269.32	3.98	370.43	1.14	9.77	7.73	.37	32.78
MEDIO	Promedio	1372.16	47.20	2819.41	13.49	53.83	187.33	3.25	120.17
	Desv. est.	191.43	.00	221.02	.00	4.88	9.14	.57	26.59
DELANTERO		1221	54.50	3111.95	15.57	56.00	182.00	4.52	126.00

Los promedios totales que nos indican el estado físico global del equipo, se presentan en la tabla 7.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 7
Promedio y desviación estándar totales de parámetros ergométricos de la Selección Nacional Femenil de Fútbol Asociación 2001

	POTENCIA ALÁCTICA watts	VO ₂ ml/kg/min	VO ₂ _ABS	MEETS	FC REPOSO	FC MÁXIMA	U. ANAERÓBICO Min:lit	VVM
N	15	15	15	15	15	15	15	15
Promedio	1367.99	48.65	2894.47	13.90	55.87	189.93	3.61	132.80
Desv. est.	207.14	4.08	283.27	1.17	6.93	7.98	0.69	29.71

La potencia aláctica como manifestación del metabolismo de los fosfatos, tiene los siguientes resultados por posición: porteros 1437.5 watts, (sd = 71.41) defensas 1441 watts, (sd = 269.32), medios 1372.16 watts, (sd = 191.43) y finalmente la delantera tiene un resultado de 1221 watts. El promedio total del equipo es de 1367.99 watts, (sd = 207.14). (Ver Tabla 8).

Tabla 8
Promedio por posición de la potencia anaeróbica aláctica Selección Nacional Femenil de Fútbol Asociación 2001

POSICIÓN	POTENCIA ALÁCTICA WATTS	DESVIACIÓN ESTANDAR
PORTERO	1437.50	71.41
DÉFENSA	1441.33	269.32
MEDIO	1372.16	191.43
DELANTERO	1221.00	

En cuanto a las diferencias en los valores del VO₂ Max, se observa que el valor alcanzado por los porteros es el más bajo con 43.55 ml/kg/min, a continuación los defensas presentan un valor de 50.8 ml/kg/min, los medios tienen

en promedio 47.2 ml/kg/min, la delantera alcanza 54.5 ml/kg/min, siendo el promedio total de 48.6 ml/kg/min y la desviación estándar de 4.08. (Ver Tabla 9).

Tabla 9
Promedio por posición del V02 Max.
Selección Nacional Femenil de Fútbol Asociación 2001

POSICIÓN	CONSUMO MAXIMO OXIG ML/KG/MIN	DESVIACIÓN ESTANDAR
PORTERO	43.55	5.16
DEFENSA	50.83	3.98
MEDIO	47.20	
DELANTERO	54.50	

Para la determinación del umbral anaeróbico y los factores que establecen las pautas de dosificación del entrenamiento se presentan las siguientes gráficas.

La curva de la Figura 1 nos demuestra que los porteros alcanzan el umbral anaeróbico a partir de la 3ª etapa con un valor de 2.92 mmol/lit, es decir a una velocidad de 10 km/hr, alcanzando una frecuencia cardiaca de 180 lat/min.

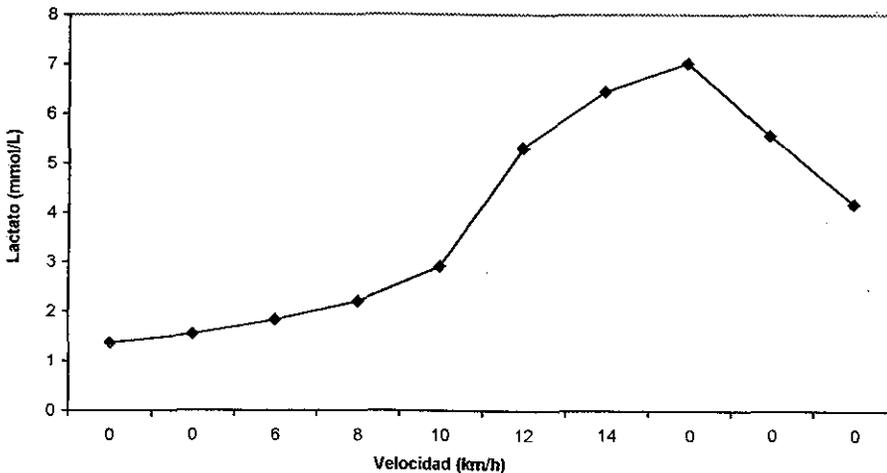


Figura 1. Curva de rendimiento láctico de porteros.

La curva de rendimiento láctico promedio de los defensas se muestra a continuación en la Figura 2.

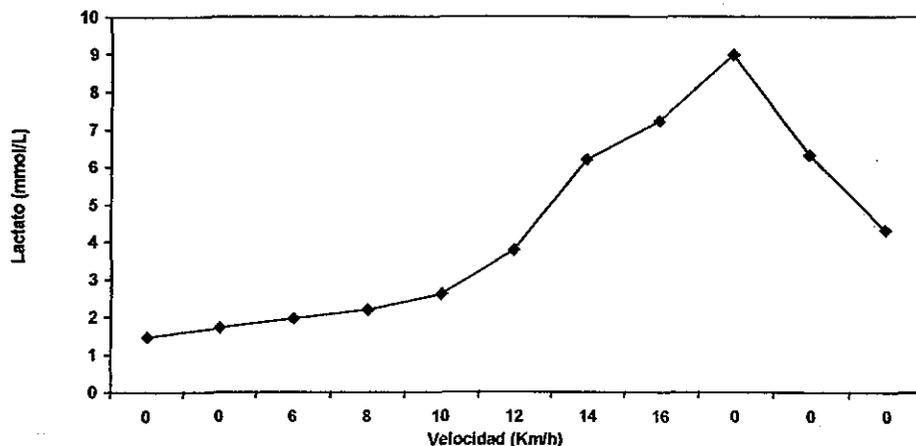


Figura 2. Curva de rendimiento láctico en defensas

En el caso de los defensas alcanzan su umbral anaeróbico a un nivel de 3.78 mmol/l, durante la 4ª etapa, es decir a una velocidad de 12 km/hr, con un frecuencia cardiaca de 182 lat/min.

Las jugadoras en la posición de medio muestran el siguiente comportamiento (Figura 3).

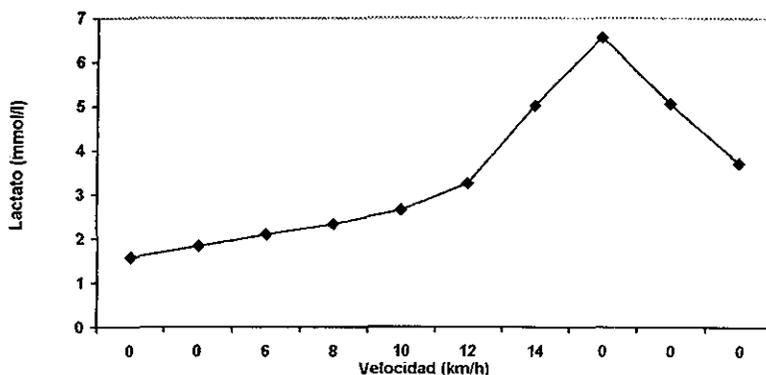


Figura 3. Curva de rendimiento láctico en mediocampistas.

El umbral anaeróbico se presenta durante la 4a etapa a una velocidad de 12 km/hr con una frecuencia cardiaca de 175 lat/min y el valor alcanzado es de 3.25 mmol/l.

Finalmente la jugadora en la posición de delantera alcanzó su umbral anaeróbico a los 4.52 mmol/l, durante la 4a etapa, es decir a una velocidad de 12 km/hr y una frecuencia cardiaca de 168 lat/min (Figura 4).

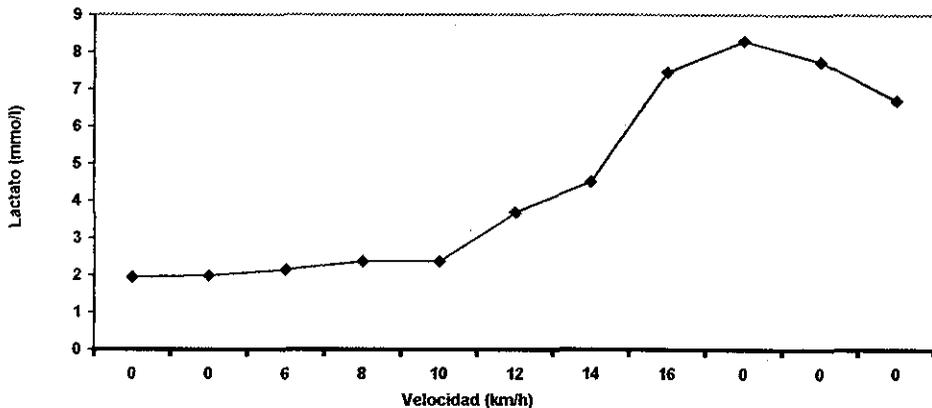


Figura 4. Curva de rendimiento lactácido en delanteros.

En la tabla 10 se muestran los resultados de frecuencia cardiaca y umbral anaeróbico para determinar el punto entre metabolismo aeróbico y anaeróbico, además, los valores del lactato en máximo esfuerzo y en la recuperación con el fin de determinar la eficacia de los sistemas de aclaramiento del lactato.

Tabla 10
Promedio por posición de la frecuencia cardiaca, umbral anaeróbico, pico de lactato, y lactato al minuto 15 de recuperación Selección Femenil de Fútbol Soccer 2001.

POSICIÓN	VELOCIDAD KM/HR	FRECUENCIA CARDIACA L/MIN	UMBRAL ANAERÓBICO MMOL/L	PICO MÁXIMO DE LACTATO MMOL/L	LACTATO MIN 15 RECUPERACIÓN MMOL/L
PORTERO	10	180	2.92	7.0	4.1
DEFENSA	12	182	3.78	8.9	4.3
MEDIO	12	175	3.25	6.5	3.7
DELANTERO	12	168	4.52	8.3	6.7

En cuanto a la determinación del VVM, tenemos los siguientes resultados, las porterías obtuvieron un valor promedio de 124 lt/min, mientras que las defensas alcanzaron el valor más alto con 149 lt/min, el resultado más bajo es el promedio de las mediocampistas con 120.17 lt/min y finalmente la delantera obtuvo 126 lt/min. (Ver tabla 11).

Tabla 11
Promedio por posición del VVM.
Selección Nacional Femenil de Fútbol Asociación 2001

POSICIÓN	VOLUMEN VENTILATORIO MÁXIMO	DESVIACIÓN ESTANDAR
PORTERO	124.00	26.87
DEFENSA	149.00	32.78
MEDIO	120.17	26.59
DELANTERO	126.00	

A continuación se presentarán los resultados de la comparación realizada con los valores de la élite mundial, en cuanto a la potencia aláctica, al VO_2 Max, y al volumen ventilatorio máximo.



Una jugadora de nivel competitivo mundial debe tener un resultado cercano a 2000 watts, en la prueba en plataforma de potencia anaeróbica. El promedio total de la selección nacional femenil es de 1398.47 watts (sd = 207.15).

El resultado que traduce la eficiencia del metabolismo aeróbico es el del VO₂ Max, estableciendo que su valor para una jugadora de fútbol asociación de nivel competitivo debe ser de 52 ml/kg/min. El VO₂ Max promedio total del equipo nacional es de 48.6 ml/kg/min (sd= 4.08).

El volumen ventilatorio máximo (VVM) promedio encontrado en las mejores jugadoras es de 150 l/min. El promedio y desviación estándar del grupo total que se evaluó es de 132.60 l/min (sd = 29.71).

Ver la comparación de resultados con la élite mundial en la Tabla 12.

Tabla 12
Comparación de resultados de la selección nacional con la élite mundial

	SELECCIÓN NACIONAL	ÉLITE MUNDIAL
POT. ALÁCTICA WATTS	1398.47	2000
VO ₂ MAX. ML/KG/MIN	48.6	52
VOLUMEN VENT. MÁXIMO LT/MIN	132	150

Las gráficas de las Figuras 5,6 y 7 demuestran el nivel actual de la selección nacional femenil de fútbol asociación.

Figura 5. Comparación de la potencia aláctica Ideal vs. Selección Femenil.

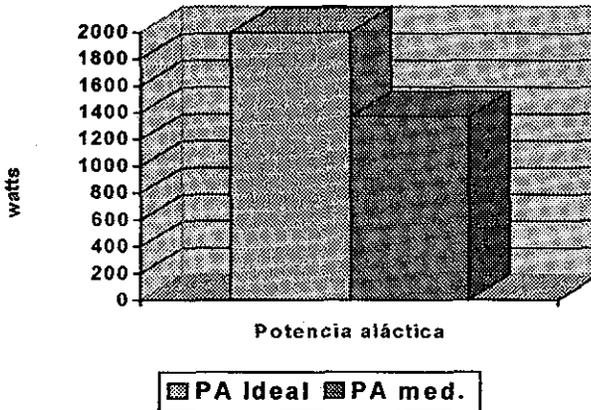
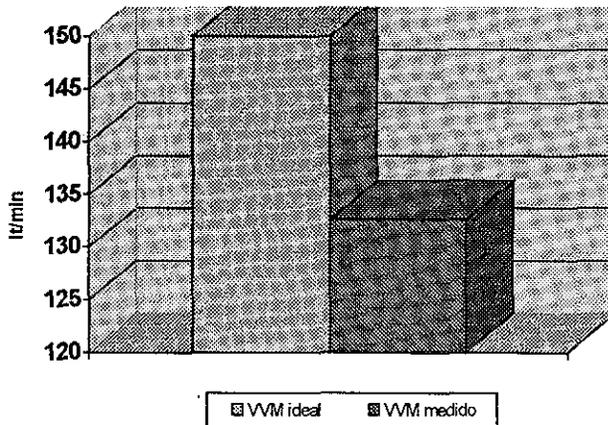
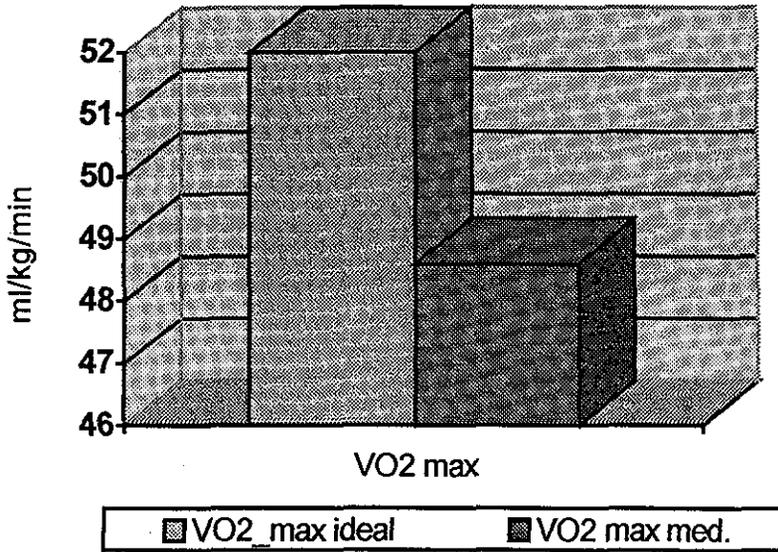


Figura 6. Comparación del Volumen ventilatorio máximo ideal vs. Selección Femenil.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 7. Comparación del consumo máximo de oxígeno Ideal vs. Selección Femenil



7. DISCUSIÓN

Probablemente esta investigación represente el primer documento que evalúa la capacidad de trabajo físico de la jugadora de fútbol asociación nacional, nos permite establecer los parámetros para dirigir el entrenamiento y el enfoque en cuánto a la dosificación por posición conforme a los sistemas tácticos que existen.

El estudio ofrece datos fisiológicos en los que se puede apoyar el entrenador, el preparador físico y el equipo multidisciplinario que trabaja alrededor de los atletas para optimizar su rendimiento.

Finalmente presenta una visión comparativa con las jugadoras de nivel mundial y de esta forma tener un parámetro objetivo de desempeño a nivel internacional.

Es importante señalar que el grupo de jugadoras que integran el equipo nacional de fútbol asociación es muy heterogéneo en parámetros etéreos, étnicos ambientales y principalmente en lo referente a los sistemas de entrenamiento.

El rango de edad es de 14 a 24 años, esto implica diferencias importantes en cuanto a las adaptaciones fisiológicas al entrenamiento [8]. En el caso de las porteras, esperaríamos encontrar valores más elevados de potencia aláctica dada la exigencia de su posición, sin embargo son las que tienen menor edad, por lo tanto no se ha presentado una maduración de sus sistemas energéticos anaeróbicos.

Otro factor que puede influir es el origen étnico, ya que existen 6 jugadoras de origen estadounidense que se nacionalizaron mexicanas, pero continúan viviendo y jugando en aquel país bajo la influencia de una alimentación y régimen de entrenamiento diferentes, además de ser las jugadoras más experimentadas y de mayor edad. Esto se refleja en la mayor capacidad de producción de energía mediante un metabolismo anaeróbico tanto aláctico como láctico [7,8].

En las determinaciones del umbral anaeróbico se puede observar que los valores son muy cercanos a 4 mmol/l [30]. El valor promedio del equipo fue de 3.69 mmol/l ($sd = 0.69$).

Es importante analizar las determinaciones de lactato en el esfuerzo máximo y durante la recuperación, esto nos indica la eficacia del sistema de aclaramiento [34].

Los valores encontrados en promedio del equipo, nos indican un manejo ineficaz, dado que tenemos valores de lactato elevados después de 15 minutos de recuperación, principalmente la delantera quien además tiene el valor de potencia aláctica menor, por lo tanto es fundamental que esta jugadora dirija su entrenamiento hacia la obtención de una capacidad anaeróbica aláctica y láctica mayor.

Sabemos que la capacidad aeróbica es una característica que se ha manifestado de forma constante en los atletas nacionales [5], algunas de las jugadoras de origen mexicano presentan los valores más altos de VO_2 Max, sin embargo el equilibrio entre los sistemas aeróbicos y anaeróbicos no es tan eficaz como lo requiere el perfil del fútbol asociación.

Los resultados obtenidos de la valoración del volumen ventilatorio máximo nos indican una mayor capacidad pulmonar en las defensas que son en su mayoría de origen estadounidense, esto puede deberse a factores ambientales, régimen de entrenamiento y también a factores étnicos.

Como se señaló anteriormente, el presentar valores elevados de una capacidad en específico no asegura un funcionamiento adecuado, es fundamental lograr un equilibrio en todas las vías metabólicas energéticas para lograr un rendimiento mayor [7,8].

Es importante señalar que, el componente técnico-táctico del fútbol asociación tiene un lugar preponderante, ya que las jugadoras mejor dotadas técnicamente y con una disciplina táctica mayor podrán optimizar sus recursos energéticos de manera que podrán aprovecharlos y dirigirlos para lograr mejores resultados [9].

Es fundamental que las jugadoras de este equipo se sometieran a un régimen de entrenamiento homogéneo, esto permite un control más adecuado y una dirección óptima del trabajo [11], sin embargo las concentraciones de la selección nacional son esporádicas durante la temporada, por lo tanto las condiciones varían

de forma importante provocando una diferencia en el nivel de rendimiento entre las jugadoras del equipo.

Al evaluar las capacidades por separado y comparar los resultados de las jugadoras de clase mundial, se puede determinar el punto en el que se encuentra la selección femenil a nivel mundial, con el objetivo de alcanzar ese parámetro de rendimiento.

Al realizar la comparación se deben tomar en cuenta varias situaciones, primero que las jugadoras de clase mundial tienen ligas profesionales donde participan y se dedican de tiempo completo a la práctica del fútbol asociación, además los programas de evaluación y control del entrenamiento son más avanzados. Finalmente el perfil fisiológico determinado genéticamente, las convierte en atletas mejor dotadas para este tipo de deportes de componente mixto, es por eso que encontramos diferencias tan significativas que se reflejan en los resultados en el plano internacional [7,8].

Para terminar, señalaremos que este perfil representa un grupo específico, en este caso la selección nacional femenil de fútbol asociación, en la que puede participar cualquier jugadora que sea mexicana por nacimiento o por naturalización, por lo tanto los resultados obtenidos no reflejan el perfil de la jugadora nacional, sin embargo sirven como base a las jugadoras y entrenadores nacionales para dirigir sus entrenamientos y determinar objetivos a corto, mediano y largo plazo.

8. CONCLUSIONES

Como se pudo observar, el nivel en cuanto a rendimiento físico de la selección nacional femenil de fútbol asociación, se encuentra por debajo de los parámetros establecidos para la competencia internacional. Se sugiere reestructurar las cargas y periodizar el entrenamiento, con el objetivo de mejorar los puntos deficientes.

Es importante para el cuerpo técnico contar con un grupo homogéneo en cuanto a sus capacidades físicas, esto permitiría modelar un esquema táctico que pueda ser adaptable a las circunstancias de un partido, torneo o temporada.

Los parámetros que determinan la capacidad de trabajo, es decir el ergotipo, están influenciados por múltiples factores y es menester del cuerpo técnico y equipo multidisciplinario asociado, controlarlos para lograr un mayor rendimiento de las jugadoras.

El presente trabajo de investigación proporciona las herramientas necesarias para entender el enfoque que debe darse al entrenamiento y lograr explotar al máximo las capacidades de cada jugadora, así como minimizar el riesgo de lesiones y prolongar su actividad deportiva a nivel competitivo.

El hecho de establecer una comparación con la élite mundial nos proporciona una base sobre la cual trabajar, estableciendo objetivos claros y dirigidos a obtener resultados sobresalientes.

Este estudio, además, proporciona a los diversos entrenadores de fútbol asociación femenil una guía de trabajo que les permitirá enfocar y dirigir el entrenamiento de forma adecuada, así como conocer las circunstancias a las que puede enfrentarse su equipo para lograr un mejor desarrollo del mismo.

Es importante recordar que el éxito en el entrenamiento deportivo lleva implícito el equilibrio de todas y cada una de las capacidades físicas, técnicas, tácticas e inclusive la capacidad volitiva, lo que permitirá llevar a cabo una planificación y periodización óptimas del entrenamiento.

REFERENCIAS.

- [1] Cherebetiu G. (1994). *El control y seguimiento médico del deportista*. ATP. México, Volumen 28, No. 4, pp 15-21.
- [2] Gleim M. (1992). *The Profiling of Professional Football Players*. Clinics of Sports Medicine, Volumen 3, No.1, pp 185-197.
- [3] Wenger H. (1995). *Evaluación Fisiológica del Deportista*. Editorial Paido Tribo. España, pp 139-223.
- [4] Allen D.B. (1992). *Clínicas de Medicina Deportiva*. 1ª Edición. Editorial Interamericana Mc Graw Hill, España, pp 139-187
- [5] Nilo, J. (1992). *Medicina del Deporte*. 2ª Edición, Editorial La Prensa Médica Mexicana, México, pp 53-56, 136-138.
- [6] Ortega R (1992). *Medicina del Ejercicio Físico y del Deporte para la atención de la salud*. Ediciones Díaz de Santos. Madrid, pp 319-335.
- [7] Ekblom B (1994). *Manual de las Ciencias del Entrenamiento. Fútbol*. Publicación de la Comisión Médica del COI. 1ª Edición, Editorial PaidoTribo, Barcelona, pp 41-69, 89-110, 113-135.
- [8] Bosco C (1993). *Aspectos Fisiológicos de la Preparación Física del Futbolista*. 1ª Edición. Editorial Paido Tribo, Colección Deporte y Entrenamiento, España, pp 31-39, 55-63, 105-113.
- [9] Weineck E.J. (1996). *Fútbol Total*. Editorial Paido Tribo. Colección Fútbol. Volumen 1, Barcelona, pp 13-66.
- [10] Ming-Kai Ch. et al. (1994). *Cardiorespiratory Fitness and Isokinetics muscle strength of Elite Asian Junior Soccer Players*. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness., Volumen 34, No.3, pp 250-257.
- [11] Fritzler W. et al. (1999). *Pruebas Físicas en el Fútbol*. Club Universidad Nacional Autónoma de México. Deporte, Ciencia y Técnica, No. 6, pp 14-22

- [12] García V. M. (1997). *Entrenamiento de la Resistencia de los Corredores de Medio Fondo y Fondo*, Editorial Gymnos. Madrid, pp 31-39, 55-68.
- [13] Kabisch D. (1992). *Medical Management of Elite Athletes*. Medicine and Sport Science, Basilea, Volumen 35, pp 1-21.
- [14] Karvonen J. (1992). *Environmental Adaptation and Physical Training*. Medicine and Sport Science, Helsinki, Volumen 35, pp 49-68.
- [15] ACSM's Resource Manual, (1998). *Guidelines For Exercise Testing and Prescription*. Editorial Williams and Wilkins. 3a Edición, pp 129-156, 437-448.
- [16] Van Camp S. (1993). *Prescribing Physical Activity*. Sports Medicine Academic Press, pp 529-550.
- [17] Férez S. et al. (1989). *Adaptación Cardiovascular a la prueba de Esfuerzo*. Editorial Salvat, pp 1-20, 53-63, 77-115.
- [18] Margherita A.J. (1995). *Effects of Exercise and Training on Cardiovascular Function*. Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America. Volumen 6, No.2, pp 225-241.
- [19] Athanasios T. et al. (1995). *Short Term Exercise Training Effect After Myocardial Infarction on Myocardial Oxygen Consumption Indices and Ischemic Threshold*. Arch Physiology Medicine Rehabilitation, Volumen 76, pp 262-265.
- [20] Guyton A. (1992). *Tratado de Fisiología Médica*. Editorial Mc Graw Hill. 8a Edición, México, pp 242-249, 425-446.
- [21] Rudolph H, et al. (1997). *Training Heart Rate and Ischemic Threshold* Chest, Volumen 112, No. 4, pp 1107-1111.

- [22] Gohlke H. (1998). *Cardiac Rehabilitation*. European Heart Journal, Vol.19, No.7, pp 1004-1010.
- [23] Dugmore L. (1999). *Changes in cardiorespiratory fitness, psychological wellbeing, quality of life and vocational status following a 12 months cardiac exercise rehabilitation program*. Heart, Vol. 81, No. 4, pp 359-366.
- [24] Carl J. et al. (1995). *Cardiac Rehabilitation, Exercise Training, and Preventive Cardiology Research*. Texas Heart Institute Journal, Volumen 22, No 1, pp 44-45.
- [25] Janssen P.G. (1992). *Heart Rate Monitoring for Estimation of Training Intensity*. Medicine and Sport Science, Basilea, Volumen 35; pp 115-158.
- [26] CONADE, Centro Nacional de Medicina y Ciencias Aplicadas al Deporte. *Archivos de Evaluación Morfofuncional*. Departamento de Evaluación Morfológica y Funcional y Seguimiento Médico. 1998.
- [27] ACC/AHA Practice Guidelines. (1997). *Guidelines for Exercise Testing*. Journal of American College of Cardiology, Volumen 30, No.1, pp 260-315.
- [28] Castellanos C. R. (1994). *Electrocardiografía Clínica*. Editorial Mosby/Doyma. 1ª Edición, España, pp 127-170.
- [29] Gorrotxategi A. et al. (1997). *Entrenar con pulsómetro*. Editorial Dorleta, España. 1ª Edición, España, pp 48-68.
- [30] Molnar G. (1995). *Temas de Fisiología del Ejercicio y Entrenamiento*. Centro de Performance Humana, Uruguay, pp 1-39.
- [31] Sergeyevich V.M. (1992). *Fisiología del Deportista*. Editorial Paidó Tribo, España, pp 35-94.
- [32] Mc Ardle K. (1995). *Fisiología del Ejercicio*. Editorial Alianza Deportiva. pp 211-249.

- [33] Bung V, J. (1993). *Ventilatory Threshold in Young and Adult Female Athletes*. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, Volumen 33, No 3, pp 34-39.
- [34] Hegedius M. (1995). *La Fisiología del Lactato y el Entrenamiento en los Deportes*. Uruguay. Centro de Performance Humana, pp 15-36.
- [35] Roland M. (1990). *Effect of specific test procedures on plasma lactate concentrations and peak oxygen uptake in endurance athletes*. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, Volumen 30, No. 1, pp 235-241.
- [36] Duncan M.: (1999). *Characteristic of oxygen debt and blood lactate determination on football players*. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, Volumen 39, No 4, pp 107-115.
- [37] Smith H. (1999). *A comparison of the PWC 170 and 20 meters test of aerobic fitness in adolescent school children*. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, Volumen 39, No 5, pp267-275.
- [38] Noll F (1974). *Bergmeyer: Methoden der Enzymatischen Analyse*. 3a Edición, Tomo 2, Verlag Chemie, Weinheim/RFA, pp 1521. (Tomado del folleto del Laboratorio Boehringer Mannheim, Edición 1994).
- [39] Saunders B, et al. (1997). *Bioestadística Médica*. Editorial Manual Moderno. 2a Edición, pp 220-225.

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Eco U. (2001). *Cómo se hace una Tesis*. GEDISA. España.
- ❖ Biomedical Engineering Group (1999), *MSc Project Guidelines*. Surrey University. England.
- ❖ Ingeniería Biomédica. (1998). *Reportes Escritos*. Universidad Iberoamericana. México.
- ❖ Barras R. (1995). *Scientists Must Write*. CHAPMAN & HALL. England.
- ❖ Rodríguez J. (1990). *Guía Práctica para la Redacción de Informes Científicos*. UAMAz. México.
- ❖ Baena G. (1989). *Instrumentos de Investigación*. Editores Unidos Mexicanos. México.
- ❖ Tamayo M. (1988). *El proceso de Investigación Científica. Fundamento de Investigación*. 2ª Edición, LIMUSA. México.
- ❖ Seco M. (1982). *Gramática Esencial del Español*. AGUILAR. España.