

UNIVERSIDAD DEL VALLE
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGIA
ACTA DE EVALUACION DE TRABAJO DE GRADO

Señale con X si se trata de: PROYECTO: _____

INFORME FINAL: X

TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO: Propuesta metodológica para la aplicación de test físicos que permitan evaluar la capacidad aeróbica en los árbitros escalafonados de la asociación Vallecaucana de árbitros de Fútbol (AVAF).

DIRECTOR:

Misael Rivera Echeverri

ESTUDIANTE: (Nombres y Apellidos Completos, Código y programa académico)

Andrés Felipe Echeverry Cabrera

EVALUADORES: *Mauricio Ortiz Garcia*

FECHA Y HORA DE EVALUACION: Agosto 20 de 2013

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:

Ver carta del Evaluador.

EVALUACION (Marque con una X la evaluación dada)

APROBADO: X MERITORIO: _____ LAUREADO: _____

NO APROBADO: _____ APROBADO CON RECOMENDACIONES: _____

INCOMPLETO: _____

En caso de ser aprobada con recomendaciones, estas deben presentarse en un plazo de _____ (máximo un mes) ante: _____
Director de Trabajo: _____ Evaluador 1: _____ Evaluador 2: _____ Todos: _____

En caso que el informe final se considere "incompleto" se da un plazo máximo de _____ semestre(s) para realizar una nueva reunión de evaluación.

En caso que no se pueda emitir una evaluación por falta de conciliación de argumentos entre Director, Evaluador (es) y estudiante (s), expresen claramente la razón del desacuerdo y las alternativas de solución que proponen:



Director del Trabajo de grado



Evaluador 1

Evaluador 2



PARTE 1. Términos de la licencia general para publicación digital de obras en el repositorio institucional de Acuerdo a la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad del Valle

Actuando en nombre propio los AUTORES o TITULARES del derecho de autor confieren a la UNIVERSIDAD DEL VALLE una Licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integra en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha en que se incluye en el Repositorio, por un plazo de cinco (5) años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del AUTOR o AUTORES. El AUTOR o AUTORES podrán dar por terminada la licencia solicitando por escrito a la UNIVERSIDAD DEL VALLE con una antelación de dos (2) meses antes de la correspondiente prórroga.

b) El AUTOR o AUTORES autorizan a la UNIVERSIDAD DEL VALLE para que en los términos establecidos en el Acuerdo 023 de 2003 emanado del Consejo Superior de la Universidad del Valle, la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993 y demás normas generales sobre la materia, publique la obra en el formato que el Repositorio lo requiera (impreso, digital, electrónico, óptico, usos en red o cualquier otro conocido o por conocer) y conocen que dado que se publica en Internet por este hecho circula con un alcance mundial.

c) El AUTOR o AUTORES aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto renuncian a recibir emolumento alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente Licencia y de la **Licencia Creative Commons** con que se publica.

d) El AUTOR o AUTORES manifiestan que se trata de una obra original y la realizó o realizaron sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, obra sobre la que tiene (n) los derechos que autoriza (n) y que es él o ellos quienes asumen total responsabilidad por el contenido de su obra ante la UNIVERSIDAD DEL VALLE y ante terceros. En todo caso la UNIVERSIDAD DEL VALLE se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del AUTOR o AUTORES y la fecha de publicación. Para todos los efectos la UNIVERSIDAD DEL VALLE actúa como un tercero de buena fé.

e) El AUTOR o AUTORES autorizan a la UNIVERSIDAD DEL VALLE para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión. El AUTOR o AUTORES aceptan que la UNIVERSIDAD DEL VALLE pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE, LOS AUTORES GARANTIZAN QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO.



PARTE 2. Autorización para publicar y permitir la consulta y uso de obras en el Repositorio Institucional.

Con base en este documento, Usted autoriza la publicación electrónica, consulta y uso de su obra por la UNIVERSIDAD DEL VALLE y sus usuarios de la siguiente manera;

a. Usted otorga una (1) licencia especial para publicación de obras en el repositorio institucional de la UNIVERSIDAD DEL VALLE (Parte 1) que forma parte integral del presente documento y de la que ha recibido una (1) copia.

Si autorizo ☒ No autorizo ☐

b. Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados por Usted en los literales a), y b), con la **Licencia Creative Commons Reconocimiento - No comercial - Sin obras derivadas 2.5 Colombia** cuyo texto completo se puede consultar en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/> y que admite conocer.

Si autorizo ☒ No autorizo ☐

Si Usted no autoriza para que la obra sea licenciada en los términos del literal b) y opta por una opción legal diferente descríbalala¹:

En constancia de lo anterior,

Título de la obra: Propuesta metodológica para la aplicación de test físicos que permiten evaluar la capacidad auditiva en los árbitros escalafonados de la Asociación Vallecaucana de Árbitros de Fútbol (AVAF)

Autores:

Nombre: Andrés Felipe Echeverry Cobrera

Firma: [Firma]
C.C. 1144124810

Nombre:

Firma:
C.C.

Nombre:

Firma:
C.C.

Fecha: 13 Septiembre 2013

(Si desea una versión digital del formulario, una vez esté diligenciado utilice los programas "pdcreator" o "Dopdf", los cuales le permitirán convertir el archivo a pdf y así podrá guardarlo)

¹ Los detalles serán expuestos de ser necesario en documento adjunto

**PROPUESTA METODOLOGICA PARA LA APLICACIÓN DE TESTS FISICOS
QUE PERMITAN EVALUAR LA CAPACIDAD AEROBICA EN LOS ARBITROS
ESCALAFONADOS DE LA ASOCIACIÓN VALLECAUCANA DE ARBITROS DE
FUTBOL (AVAF).**

PRESENTADO POR:

ANDRES FELIPE ECHEVERRY CABRERA

UNIVERSIDAD DEL VALLE

INSTITUTO DE EDUCACION Y PEDAGOGIA

LICENCIATURA EN EDUCACIÓN FISICA Y DEPORTES

SANTIAGO DE CALI.

2013.

**PROPUESTA METODOLOGICA PARA LA APLICACIÓN DE TESTS FISICOS
QUE PERMITAN EVALUAR LA CAPACIDAD AEROBICA EN LOS ARBITROS
ESCALAFONADOS DE LA ASOCIACIÓN VALLECAUCANA DE ARBITROS DE
FUTBOL (AVAF).**

ANDRES FELIPE ECHEVERRY CABRERA

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TITULO DE LICENCIADO EN
EDUCACIÓN FISICA Y DEPORTES**

DIRECTOR:

MISAEEL RIVERA ECHEVERRY

UNIVERSIDAD DEL VALLE

INSTITUTO DE EDUCACION Y PEDAGOGIA

LICENCIATURA EN EDUCACION FISICA Y DEPORTES

SANTIAGO DE CALI.

2013.

NOTA DE ACEPTACION

FIRMA DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

AGRADECIMIENTOS

Primero agradecer a Dios por esta oportunidad que me da de ser profesional, al igual que a mis padres, hermanos y familia quienes me han acompañado en este triunfo, y aquellos que están a mi lado al cual los aprecio mucho, como también a todos los profesores que contribuyeron a mi formación como futuro licenciado , y a quien me asesoro en este trabajo de grado, como es al profesor MISAEEL RIVERA gracias por su ayuda y tiempo en este trabajo.

Dios los bendiga.....

TABLA DE CONTENIDO

	PAGINAS
RESUMEN	8
INTRODUCCION	9
OBJETIVOS	11
• OBJETIVO GENERAL	
• OBJETIVOS ESPECIFICOS	
CAPITULO I: CAPACIDAD AEROBICA	12
1.1 LA ECONOMIA DE LA CARRERA	14
1.2 LA POTENCIA MAXIMA AEROBICA	15
1.3 CONSUMO DE VO2 MAX	15
1.3.1 Mecanismos limitantes del VO2 Max	23
1.3.2 Determinación del VO2 Max	26
1.3.3 Preparaciones para una prueba de esfuerzo máximo	28
1.4 ASPECTOS Y CARACTERISTICAS FISIOLOGICAS	29
1.4.1 Hemoglobina y resistencia	29
1.4.2 Función de la hemoglobina en el transporte de oxígeno	29
1.4.3 Resistencia muscular	30
1.5 ASPECTOS Y CARACTERISTICAS GENETICAS	32
1.5.1 Determinantes genéticos del rendimiento de resistencia	32

1.5.2	Semblanza familiar	33
1.5.3	Heredabilidad de determinantes importantes	34
1.5.4	Genotipo y la respuesta al entrenamiento	35
1.5.5	Marcadores genéticos y rendimiento aeróbico	35
1.6	ASPECTOS Y CARACTERISTICAS ANTROPOMETRICAS Y ANATOMICAS.	
1.6.1	Fundamentos anatómicos y antropométricos de la resistencia	37
1.6.2	Fundamentos antropométricos	39
1.6.3	Efectos de la talla sobre la resistencia	39
1.6.4	Somatotipo de los atletas de resistencia	40
CAPITULO II: TESTS FISICOS MOTORES APLICABLES PARA EVALUAR LA CAPACIDAD AEROBICA		41
2.1	DEFINICION DE TEST	41
2.2	TEST DEPORTIVO MOTOR	43
2.2.1	Criterios de calidad de un test físico motor	44
2.3	TEST APLICABLE PARA EVALUAR LA CAPACIDAD AEROBICA	47
2.3.1	Test de laboratorio	47
2.3.2	Test de campo	53
DISEÑO METODOLÓGICO		61
VARIABLE		64

POBLACIÓN	65
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES	68
BIBLIOGRAFÍAS	69

RESUMEN

En este trabajo se encuentra una propuesta metodológica para la aplicación de tres test físicos adecuados para evaluar la capacidad aeróbica en los árbitros de fútbol de la Asociación Vallecaucana de árbitros de Fútbol (AVAF), teniendo en cuenta que estos test se seleccionaron de acuerdo a las características de dicha población. También se encontrara la parte conceptual acerca de la capacidad aeróbica y los test apropiados para medirla. Está propuesta metodológica busca que al momento de ser evaluados los árbitros, estos test propuestos sean una guía clara para llevar a cabo una correcta aplicación.

PALABRAS CLAVES: Árbitros, Fútbol, Capacidad aeróbica, Test físicos.

INTRODUCCION

En los últimos mundiales de fútbol, el ente rector de esta disciplina (FIFA), ha desarrollado estudios que determinan en que condición física los árbitros llegan a sus competiciones, realizando por ejemplo constantes monitoreos físicos como pruebas de campo y de laboratorio en diferentes concentraciones previos a un mundial y que ayudan a saber como están los árbitros en su parte física y que aspectos pueden aportar desde su entidad para el beneficio y desarrollo de nuevos programas de preparación física, que le permitan al arbitro mantenerse en buenas condiciones para ejercer su papel dentro de un compromiso.

Ciertas investigaciones que se han realizado, en donde se mira la condición física del árbitro de fútbol, en los cuales se analizan la capacidad aeróbica, la velocidad, y la coordinación entre otras, muestran que algunos investigadores del deporte han decidido ir mas allá de como es el comportamiento físico del arbitro en algunos países del mundo, y es el caso de nombrar estudios que se han hecho como por ejemplo el análisis del rendimiento de árbitros y árbitros asistentes en una competición de fútbol (29), el análisis biomecánico aplicado a la evaluación del rendimiento técnico en árbitros y árbitros asistentes de fútbol (30), el análisis del rendimiento físico de los árbitros de fútbol durante partidos de competición (31), la relación entre las pruebas físicas y el rendimiento físico de la competición de los árbitros y árbitros asistentes de fútbol (32) y el rendimiento del arbitraje en función del nivel de competición (33), eso en cuanto a investigaciones se refiere.

En nuestro país este tipo investigaciones con árbitros de futbol no se han realizado, y realmente es de gran interés poder establecer como esta el aspecto físico en estas personas que tienen unas exigencias físicas fuertes y grandes en su preparación.

Por esta razón se realiza este trabajo, con el fin de poder dejar planteado una propuesta metodológica en la aplicación de tests que permitan analizar y valorar

en que condición física, en este caso la capacidad aeróbica, se encuentra el arbitro de futbol, mas específicamente, los árbitros escalafonados a nivel nacional de la asociación vallecaucana de árbitros de fútbol (AVAF).

En el capitulo I, se plantea a manera de marco teórico todo lo referente y apoyado en diferentes revisiones bibliográficas de los conceptos asociados con la capacidad aeróbica, como aspectos y características fisiológicas, antropométricas y anatómicas de la población objeto.

En el capitulo II se hace una detallada descripción de los test acordes para ser tenidos en cuenta en la propuesta, además de algunas recomendaciones de tipo pedagógico y motor a tener en cuenta.

OBJETIVO GENERAL

Proponer una metodología para la aplicación de test físicos que permita conocer la capacidad aeróbica de los árbitros escalafonados de la Asociación Vallecaucana de Árbitros de fútbol (AVAF).

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Hacer una revisión bibliográfica sobre el concepto de capacidad aeróbica, definiendo sus clasificaciones y características.
- Describir los test adecuados que se utilizaran para conocer la capacidad aeróbica en los árbitros escalafonados de la asociación vallecaucana de árbitros de fútbol (AVAF)

MARCO TEORICO

CAPITULO 1

CAPACIDAD AEROBICA

La capacidad aeróbica es la capacidad del cuerpo para mantener un ejercicio submaximo durante periodos prolongados de tiempo (22) (24) (12) (40). Se considera que es la capacidad del corazón y del sistema vascular para transportar cantidades adecuadas de oxígeno a los músculos que trabajan, permitiendo que realicen actividades en la cual impliquen grandes masas musculares (17) (23).

En la capacidad aeróbica el organismo puede mantener un esfuerzo mediante la obtención de energía con presencia de oxígeno (20), es decir, hay un equilibrio entre el aporte y el consumo de oxígeno (sin deuda de oxígeno). La cantidad de oxígeno que es captada es suficiente para asegurar la cantidad de energía necesaria para el esfuerzo degradando los almacenes energéticos, que son el glucógeno y la grasa. La frecuencia cardiaca se mantiene constante si la entrada de oxígeno es constante o se incrementa (21). Estas particularidades se produce en actividades de media y larga duración (a partir de 3 minutos) (3). Se puede decir que esto requiere de poco esfuerzo, menos fatiga y una recuperación rápida (28).

También se caracteriza por tener una potencia relativamente baja (medida en máximo consumo de oxígeno, unos 5 a 6 litros, 25 a 30 calorías, por minuto en atletas muy entrenados), pero por una alta capacidad (virtualmente ilimitada, porque el oxígeno y los alimentos pueden reponerse continuamente a medida que se consumen) (38)

Por eso bioquímicamente también existen diversas sustancias que suelen ser transformadas en productos intermedios del ciclo de krebs, en la cual se reducen las coenzimas NAD y FAD. Estas coenzimas llegan a donar sus hidrógenos al

oxígeno, en el proceso conocido como fosforilación oxidativa. Los productos finales de este proceso son CO₂, agua y energía transformada en ATP.

La cantidad de ATP formada depende del sustrato. Por ejemplo por cada mol de glucosa se produce en rendimiento neto de 36 a 38 ATP (1) (46) (8), por cada mol de ácidos grasos saturados de 18 carbonos, se producen 147 ATP, a pesar de que se pierde una cantidad considerable de energía en forma de calor, el proceso aeróbico es bastante eficiente, permitiendo obtener bastante energía en forma de ATP (3).

La capacidad aeróbica también se fundamenta en su capacidad para producir energía en forma permanente y prolongada a partir de los diversos nutrientes y contando con un suministro adecuado de oxígeno. Se dice que mientras mayor sea la capacidad de un individuo para consumir oxígeno y para procesarlo intracelularmente, mayores serán sus posibilidades de producir energía durante las exigencias físicas vigorosas y de larga duración.

Todos los nutrientes pueden químicamente ser derivados hacia el procesamiento químico intracelular de tipo aeróbico, no obstante, el organismo en condiciones normales utiliza principalmente grasas y carbohidratos para este fin, los cuales suele tener en abundancia, almacenados en distintos lugares del cuerpo, incluyendo el músculo, pero preserva las proteínas, respetando en ellas su trascendental función en los seres vivos.

Las grasas en especial son el sustrato o la fuente de energía preferida en los procesos de tipo aeróbico. Esto no solamente es práctico, por su abundancia en el organismo sino también porque ofrece mayor rendimiento energético que los carbohidratos y las proteínas mismas. Aproximadamente el doble de la energía se obtiene por el desdoblamiento de un gramo de grasa, comparado con un gramo de hidrato de carbono o de proteínas (35).

Por eso se considera que el consumo de oxígeno tiene una relación lineal positiva con la producción de energía (40). Cuando el consumo de oxígeno aumenta, la producción de energía aeróbica se incrementa hasta el punto del consumo máximo de oxígeno conocido como ($\text{VO}_2 \text{ máx.}$) o producción aeróbica de máxima energía (17).

Durante el rendimiento de una carrera, existen tres componentes que ayudan a determinar la capacidad aeróbica, como la economía de la carrera, la potencia máxima aeróbica y el consumo máximo de oxígeno $\text{VO}_2 \text{ máx.}$ (18):

1.1 LA ECONOMIA DE LA CARRERA

La economía de la carrera expresada en ($\text{EC en ml.kg}^{-1} \cdot \text{M}^{-1}$), se puede definir como el consumo de O_2 necesario para recorrer una distancia determinada. Podemos calcularla conociendo el VO_2 para una velocidad dada y se puede efectuar una relación $\text{VO}_2 / \text{Velocidad}$.

Un estudio realizado sobre la economía de la carrera realizado por Astrand (1952). Para una serie de velocidades comprendidas entre $2,22 \text{ m.s}^{-1}$ y $3,61 \text{ m.s}^{-1}$, donde este autor demostró que a una velocidad sub – máxima dada, la economía de carrera mejora con la edad. De un modo más general se puede decir que demostró que el costo energético de la carrera sobre cinta rodante disminuye regularmente con la edad en el niño normalmente activo (Léger et al. 1986). Esta disminución se observa en niños entrenados como en niños sedentarios (Krahenbuhl y Williams, 1992).

Esta mejora de la EC explica que aunque el $\text{VO}_2 \text{ máx. (ml. Kg}^{-1} \cdot \text{Min}^{-1})$, de los niños se mantenga relativamente constante a lo largo del crecimiento y el de las niñas disminuya en el mismo tiempo, el rendimiento de larga duración medido con

ayuda de una prueba de carrera de ida y vuelta (course navette) aumenta para los niños de ambos sexos (Poortmans et al 1986).

1.2 LA POTENCIA MAXIMA AEROBICA

La potencia máxima aeróbica (PMA) como se expresa sobre el terreno a través de velocidad máxima aeróbica (VMA). Como es el VO₂ máx., no es el único determinante del rendimiento. La relación VO₂ /Velocidad de carrera, llamada “economía de carrera” (EC) es, igualmente, un elemento determinante del rendimiento de duración, sobre todo cuando se evalúan grupos homogéneos y de alto nivel, en términos de VO₂ máx. (Morgan et al 1989). Así, no basta con tener un VO₂ máx. elevado si la EC es débil (Asselin et al 1982). En el caso de pruebas de carrera en las que el rendimiento mecánico (RM) es difícilmente cuantificable, la VMA puede informar a la vez sobre el VO₂ máx., y la EC (Billat et al 1994). En efecto, la VMA puede definirse también como la relación entre el VO₂ máx. y la EC (Di Prampero et al, 1986). Mas allá de la VMA, el esfuerzo producido por el sujeto es de predominancia anaeróbica láctica. (18)

1.3 CONSUMO DE VO2 MÁX.

Es la máxima intensidad de trabajo que se puede realizar dependiendo de la resíntesis de ATP y que depende de la capacidad del sistema cardiovascular de llevar el oxígeno necesario a los músculos que trabajan y de la capacidad de estos músculos de utilizar el oxígeno que se le suministra (3) y que es la máxima cantidad de oxígeno que el organismo es capaz de absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo (27) (35) (10) (40) y de larga duración (46).

Si se realiza un ejercicio de intensidad creciente, a medida que va subiendo la intensidad, el organismo va adquiriendo mas cantidad de oxígeno ya que esos músculos tienen que ir produciendo mas cantidad de energía a expensas de la oxidación de los sustratos. Este incremento del consumo de oxígeno llega a un

determinado nivel, a partir de la cual y pese a que se puede seguir incrementando la intensidad, ya no se podrá hacer base a procesos aeróbicos. Entonces se estará hablando de que se ha llegado al consumo máximo de oxígeno, absorción máxima de oxígeno VO_2 max. (15).

El consumo de VO_2 max es uno de los determinantes mas importantes del rendimiento de resistencia (43).

Tiene dos características principales:

Suministro de oxígeno: siguiendo el orden natural que ocurre este proceso, las limitantes del suministro de O_2 son: el intercambio de oxígeno que ocurre en los alveolos con la sangre que circula por los capilares pulmonares, con la correspondiente saturación de la hemoglobina (estas variables no se afectan con personas sanas en altitud normal); la cantidad total de hemoglobina presente en la sangre; el volumen de sangre disponible para ser bombeado por el corazón, la posibilidad de redistribuir el gasto cardiaco, la capacidad de bombeo del corazón (máximo gasto cardiaco posible); y la vascularización o irrigación de los músculos involucrados. La principal adaptación que ocurre como consecuencia del entrenamiento es un aumento en las últimas dos.

Capacidad metabólica: este término se refiere a la capacidad de los músculos de utilizar el oxígeno que se le ha suministrado. Las limitaciones a este nivel son: el transporte local de oxígeno en la célula muscular (que depende de la cantidad de mioglobina disponible); el número y del tamaño de mitocondrias en cada célula muscular y muy relacionado con lo anterior, la cantidad total de enzimas oxidativas en el músculo. Todos estos aspectos mejoran considerablemente con el entrenamiento aeróbico (3).

Por eso el consumo de oxígeno es un parámetro importante en la valoración funcional del deportista para el pronóstico de éxito deportivo, la orientación deportiva (por ejemplo escoger el metraje adecuado) y la programación y seguimiento del entrenamiento (6).

Criterios del consumo máximo de oxígeno:

El principio de medición es simple. La intensidad del esfuerzo de los grandes grupos musculares es incrementada en una prueba progresiva o en una serie de pruebas individuales de intensidad adecuadamente graduada hasta alcanzar una “meseta” de consumo de oxígeno. La “meseta” se ha definido arbitrariamente como aumento del consumo de oxígeno inferior a $2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ con un mayor aumento de la intensidad del esfuerzo (por ejemplo, un aumento adicional del 1% de la inclinación de la cinta rodante corriendo a una velocidad constante).

La demostración de la existencia de una meseta en el consumo de oxígeno se cree que implica que el individuo que está siendo sometido a la prueba ha alcanzado una limitación central del esfuerzo, es decir, que bajo estas particulares condiciones de medida, el corazón es incapaz de desarrollar un mayor gasto cardíaco máximo, y por tanto será responsable de la estabilización “de la meseta” temporal del transporte de oxígeno. Sin embargo, en la práctica, algunos sujetos interrumpen una prueba de ejercicio máximo al experimentar síntomas periféricos como debilidad muscular, dolor o fatiga, a pesar de la insistencia del investigador, con lo que en muchos sujetos no es posible demostrar satisfactoriamente la existencia de una meseta del consumo de oxígeno. Entonces se intenta evaluar la “calidad” del esfuerzo observado en términos de criterios subsidiarios de rendimiento máximo como la frecuencia cardíaca (preferentemente 220 como mínimo menos de la edad del individuo en años), la proporción máxima de intercambio de gases respiratorios (producción de dióxido de carbono: consumo de oxígeno, medida de la acidosis metabólica, preferiblemente superior a

1,10) y el lactato máximo de la sangre (preferiblemente al menos 10-12 mmol-l-1 en adultos jóvenes y alrededor de 8 en individuos de mas edad).

La demostración de la existencia de una meseta del consumo de oxígeno limitada centralmente depende de la activación de un gran volumen muscular. Por tanto, las mesetas se observan con mucha menos frecuencia al montar una bicicleta ergométrica (muy dependientes de los cuádriceps) que al correr hacia arriba de una cinta rodante (un trabajo ampliamente distribuido sobre grupos musculares principales). Aunque la información sobre el transporte máximo de oxígeno es más satisfactoria si se ha alcanzado una meseta, algunos autores mantienen que los valores máximos sin una meseta clara son igualmente consistentes y útiles para la dirección del atleta (43).

El VO₂ máx. se cuantifica en términos absolutos (l min⁻¹) y relativos (ml. Kg⁻¹. Min). Ambas unidades pueden usarse para indicar la dureza con que el cuerpo está trabajando durante la realización de ambos esfuerzos aeróbicos submáximos y/o máximos. Sin embargo, cada valor unitario se usa para expresar el consumo de oxígeno y la producción de energía aeróbica por diferentes razones. Las unidades *litros por minuto* (l min⁻¹) representan la cantidad absoluta o total del oxígeno consumido por el cuerpo por minuto. El VO₂ máx. absoluto se usa generalmente para calcular la cantidad total de energía aeróbica o de calorías que el cuerpo puede generar.

Las investigaciones han demostrado que se producen aproximadamente 5 kilocalorías (kcal) de energía por cada litro de oxígeno consumido (1 litro de consumo oxígeno = 5 kcal gastadas).

Una kilocaloría (kcal) se define como la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura de 1 kg (1 litro) de agua 1 grado centígrado. Desde 14.5 hasta 15.5 grados centígrados.

Las unidades de *mililitros de oxígeno por kilogramo por minuto* (ml.kg-1. Min-1), por otro lado, representa el consumo de oxígeno requerido para mover un kilogramo de peso corporal por minuto. La mayoría de las veces el VO₂ máx. se expresa con unidades relativas porque la capacidad funcional de una persona depende del desplazamiento de su propio peso corporal. En el cuerpo humano, la cantidad total de oxígeno consumido es importante porque representa la cantidad total de energía disponible para trabajar. Si todo lo demás permanece igual, una persona con VO₂ máx. absoluto alto podrá hacer ejercicio con una intensidad más elevada que una persona con un VO₂ máx. menor. Sin embargo, puesto que los individuos tienen diferentes pesos corporales, la expresión del VO₂ máx en términos relativos es mas significativa (17).

Tabla: Cuadro normativo de capacidad aeróbica (valores de VO₂ máx. expresadas en ml. Kg-1. Min-1) American Heart Association (1972) (17).

Hombres					
Edad	Baja	Regular	Media	Buena	Excelente
< 29	< 25	25-33	34-42	43-52	>52
30-39	< 23	23-30	31-38	39-48	>48
40-49	< 20	20-26	27-35	36-44	>44
50-59	< 18	18-24	25-33	34-42	>42
60-69	< 16	16-22	23-30	31-40	>40

Mujeres

Edad	Baja	Regular	Media	Buena	Excelente
< 29	< 24	24-30	31-37	38-48	>48
30-39	< 20	20-27	28-33	34-44	>44
40-49	< 17	17-23	24-30	31-41	>41
50-59	< 15	15-20	21-27	28-37	>37
60-69	< 13	13-17	18-23	24-34	>34

El VO₂ máx. es un parámetro indicador de la capacidad funcional de los individuos o de su potencia aeróbica. La variabilidad existente entre los diferentes sujetos es amplia y depende de diversos factores (27):

Constitución genética: En tanto que determinante de la capacidad física del individuo, es un factor decisivo para VO₂ máx., hasta el punto que se estima que el entrenamiento no puede aumentar más del 30 al 40 % los valores predeterminados.

Masa muscular: Cuanto mayor sea la masa muscular implicada en el ejercicio, mayor es el VO₂ máx alcanzable. Las diferencias que se obtiene utilizando conjuntamente el brazo y la pierna o por separado, demuestran la gran influencia de este factor. Por este motivo, la valoración del VO₂ máx., el protocolo seguido debe solicitar la mayor masa muscular posible. Un entrenamiento elaborado específicamente para mejorar el potencial aeróbico, debe de actuar sobre grupos musculares importantes.

Edad: Para un mismo individuo el máximo de su VO₂ máx., se logra hacia los 20 a 25 años, tanto en términos absolutos como relativos al peso. A partir de esa edad, los valores van declinando progresivamente, si bien la caída es menor en el

individuo que prosigue su entrenamiento aeróbico. En la edad infantil las diferencias respecto del adulto se minimizan considerablemente, si VO_2 máx., se expresa en términos relativos.

Pero también hay que hablar que si hay la incorporación de un entrenamiento serio como parte integral del estilo de vida, se puede relentizar sustancialmente estos procesos de disminución que se dan por la edad. Por ejemplo los atletas durante su segunda y tercera décadas de vida experimente una probable reducción del VO_2 max siempre y cuando continúen un entrenamiento riguroso. La compaginación y la predisposición genética al entrenamiento, con un entrenamiento aeróbico fuerte y continuo puede aportar un gran periodo extenso del rendimiento, eso si, siempre y cuando no se interrumpa debido a una lesión. En el maratón por ejemplo, donde la prueba es la mas dependientes en términos aeróbicos, muestran que grandes atletas en juegos olímpicos han obtenido medallas y sus edad es relativamente superior y sus condiciones son diferentes, pero debido a su entrenamiento y calidad de vida hacen que sigan en el deporte de alto rendimiento como los siguientes maratonistas: Carlos Lopes de Portugal en los Juegos Olímpicos de los Ángeles en (1984), con un tiempo (2:09:21), con una edad de 37 años y después en Róterdam conseguiría en disminuir su tiempo en (2:07:12), consiguiendo una nueva marca mundial. La mejor marca registrada en la maratón de Boston fue de (2:11:04), conseguida por el neozelandés John Campbell de 41 años de edad, como por considerar algunos casos de deportistas de alto rendimiento (34).

Sexo: En la mujer adulta VO_2 máx. es inferior al de los varones de su mismo grupo de edad y condición, en porcentajes que varían entre el 10 y el 30 %. la diferencia es menor, si se expresa en términos relativos e inexistentes en la infancia. La pubertad supone para la mujer una importante disminución de su capacidad para el ejercicio aeróbico, por motivos diversos, de carácter físico

relacionados con factores óseos, biomecánicas y educacionales, aunque el mas destacado sea el mayor contenido graso. Si se valora el VO₂ máx., no en función de la masa corporal total, si no de la “masa grasa” (excluyendo el peso de las reservas grasas), las diferencias entre ambos sexos son mucho menores.

Pero realmente unos de los factores que contribuyen a la diferencia entre ambos sexos, tiene que ver con la relación en que los hombre poseen una mayor cantidad de hemoglobina circulante que las mujeres de similar forma física y peso corporal. Esto se da también en parte a los efectos anabolizantes de la testosterona (productora de proteínas). En los hombres, esta hormona no solo estimula la producción de niveles mayores de eritropoyetina, la hormona glucoproteínica que estimula la medula para liberar mas glóbulos rojos, si no que también la producción de mas hemoglobina, que es también una proteína. Debido a que el 98 .5% del oxígeno acarreado por la sangre es transportado por la hemoglobina, una mayor cantidad de hemoglobina, una mayor cantidad de hemoglobina conlleva una mayor capacidad de transportar oxígeno. En los hombres, un nivel de hemoglobina de 15 gr por decilitro (dl) de sangre multiplicado por 77 ml de volumen de sangre / Kg de peso da un resultado de 11, 6 g hemoglobina / Kg. En las mujeres, 14 g hemoglobina/dl por 66 ml volumen de sangre /kg =9,2 g hemoglobina/ Kg. Por lo tanto, las mujeres tienen aproximadamente un 21 % menos de hemoglobina / Kg que los hombre (34).

Motivación: Aumenta de forma apreciable el VO₂ máx., por cuyo motivo, al estimarlo, es necesario animar al deportista, especialmente en los momentos finales de la prueba, con elevados potenciales de trabajo. en algunos casos puede suponer incrementos de hasta el 10 % en el VO₂ máx.

Entrenamiento: Para las disciplinas de tipo aeróbico, hay una clara relación entre el potencial aeróbico máximo y el rendimiento. Sin embargo, aunque el entrenamiento aeróbico mejora el VO₂ máx., el incremento de la aptitud no es espectacular, no más del 30 o 40 % de los valores iniciales, es decir, depende decisivamente de las características genéticas favorables. En la valoración funcional del deportista debe ser considerado mas como un parámetro indicativo de *calidad aeróbica* que del nivel de entrenamiento. Como que el efecto de entrenamiento sobre VO₂ máx., se va haciendo mas destacable con la edad, en las modalidades deportivas en la junto a la buena aptitud aeróbica prima también la técnica de ejecución o la estrategia de carrera (alcanzadas después de largos años), la edad optima de máximo rendimiento, suele ser mas elevada que la de otras disciplinas (6) (39) (4).

1.3.1 Mecanismos limitantes del VO₂ MAX.:

Existen en la literatura datos suficientes para afirmar que existen limitaciones tanto centrales como periféricas al consumo máximo de oxígeno, que representan por un lado la oferta o la disponibilidad de oxígeno, y por otro, la capacidad de utilización. De manera que el máximo consumo de oxígeno esta determinado por factores como el máximo gasto cardiaco, que se asocia con el volumen del corazón, y el volumen de la sangre, y en algunos sujetos, por la ventilación máxima y el intercambio gaseoso a través de la membrana alveolo capilar. Una de las principales demostraciones que el aporte de oxígeno es un limitante al máximo consumo de oxígeno es la observación de que la elevación de la concentración de hemoglobina conduce a un aumento del máximo consumo de oxígeno durante el ejercicio.

Factores centrales:

Con respecto a la función cardíaca, algunos estudios demuestran que a intensidades de ejercicio muy elevadas los mecanismos de regulación de la función cardiovascular desencadenan una respuesta de vasoconstricción refleja que reduciría la disponibilidad de oxígeno a nivel celular. Por otra parte, la capacidad de bombeo del corazón es a la vez dependiente determinante de su propio aporte de oxígeno. Por tanto, si el gasto cardíaco, comparece que así ocurre, alcanza un valor máximo que se estabiliza a pesar de aumentar el VO_2 máx. sería una meseta en el aporte de oxígeno al miocardio, lo que a su vez provocaría el desarrollo de una isquemia miocárdica que empeoraría si el ejercicio continua. Para prevenir esta isquemia, mecanismos reguladores impedirán continuar con el ejercicio antes de que se produjera esta limitación del flujo coronario. De manera que la función cardiovascular limita la capacidad máxima de ejercicio, probablemente como resultado de una limitación en el aporte de oxígeno al miocardio (Noakes 1998).

El sistema respiratorio puede ser el responsable de limitar el VO_2 máx. en los sujetos con una importancia en la adaptación al entrenamiento de resistencia y que consiguen gastos cardíacos muy elevados. En estos sujetos, el paso de la sangre por el sistema pulmonar sería tan rápido que no permitiría la oxigenación completa de la misma, observándose a intensidades máximas disminuciones en la saturación arterial de oxígeno e hipoxemia. Esta limitación no se produce en sujetos con menor grado de adaptación o sedentarios, en los cuales el gasto cardíaco máximo alcanzado nunca supondría un problema a la hora de permitir un adecuado intercambio gaseoso a nivel capilar pulmonar. La hiperoxia permite aumentar el VO_2 máx. en aquellos atletas de resistencia en los que se produce una hipoxemia respirando aire normal (Powers 1989).

Factores periféricos:

Masa mitocondrial. El aporte y/o utilización de O₂ en las mitocondrias puede llegar a limitar la potencia aeróbica. La disponibilidad de oxígeno y la capacidad oxidativa mitocondrial interactúan para determinar el VO₂ máx. Los sujetos no entrenados no parecen estar limitados por la disponibilidad de oxígeno en las células, si no mas bien por su capacidad de utilización. De alguna manera podemos afirmar que los sujetos entrenados podrían consumir mas oxígeno si se lo ofreciéramos a las mitocondrias, mientras que los sedentarios no disponen de la maquinaria aeróbica celular necesaria para que el aporte de oxígeno resultante insuficiente. Los estudios de Hoppeler y Weibel (2000) concluyen que el consumo máximo de oxígeno esta limitado por el tamaño de la masa mitocondrial.

Densidad capilar. Esta suficientemente demostrado que la densidad capilar del musculo esquelético aumenta con el entrenamiento de resistencia. El principal significado de esta adaptación al entrenamiento es mantener o prolongar el tiempo de transito de la sangre por los capilares musculares. Esto permite mejorar el aporte de oxígeno manteniendo la extracción de oxígeno incluso a flujos sanguíneos musculares muy elevados. la capacidad del musculo esquelético para adaptarse en este sentido al entrenamiento es mucho mayor que la que se observa a nivel pulmonar (27).

La eficacia y la eficiencia: El VO₂ max es importante, no constituye el único determinante del rendimiento en los deportes de resistencia, ya que también depende de varios factores en los cuales se resaltan los siguientes dos:

- De la posibilidad de niveles mas altos de VO2 máx. (eficacia).
- De la economía de esfuerzo que permita con un mismo porcentaje del VO2 máx. lograr mejores prestaciones (eficiencia).

Para entender mejor esto es mejor colocar ejemplo con deportes en los cuales esto se puede percibir de una mejor manera, como las modalidades de carrera a pie, en donde puede haber dos individuos con un mismo VO2 máx. que en una competición de 10 km obtengan registros muy diferentes debido a cualquiera de las siguientes circunstancias:

- Que el que obtiene mejores prestaciones corra mas económicamente, es decir, que para un VO2 máx. idéntico, sea capaz de utilizar un porcentaje menor, entre otras causas, por emplear mas grasas y, a su vez, por ahorrar glucógeno.
- Que pueda mantener más tiempo un porcentaje superior de su VO 2 máx. (16).

1.3.2 Determinación del VO2 máx.

Elección de los ergómetros (aparatos que permiten medir la potencia y el trabajo):

Para los corredores a pie, es preferible utilizar la cinta rodante antes que la bicicleta, la finalidad de esta prueba es conocer la velocidad máxima de la síntesis del ATP en los músculos específicos de la carrera. Además, para una sollicitación máxima del sistema cardiovascular, es necesario efectuar un ejercicio que ponga en juego una masa muscular importante (Astrand 1986).ahora, los valores del VO2 máx mas elevados, para personas que dominan la carrera en cinta rodante (que requiere de un breve aprendizaje), se obtienen en carrera. Por eso en efecto, los

músculos de la postura erguida están implicados, lo que no es el caso en el pedaleo posición sentada.

La valoración de los parámetros máximos alcanzados durante la prueba ergométrica, nos permite cuantificar la capacidad del organismo de adaptarse a las situaciones de esfuerzo máximo (Alvero y De Teresa, 2002). Cada deporte requiere unas exigencias físicas que se van a plasmar en su adaptación al esfuerzo y, por tanto, sus valores ergoespirométricos diferirán entre sí (González y Rubio, 1990; Sous et al., 2008) (39).

Utilización de la cinta :

Según Melin y Jiménez (1989), durante una prueba progresiva y de esfuerzo máximo, el efecto de la pendiente da valores de VO₂ máx. y de frecuencia cardiaca máxima idénticos a los obtenidos con un protocolo sin utilización de pendientes. Sin embargo, se piensa que los corredores especializados en montaña y, en particular, los que se preparan para campeonatos. Un estudio realizado por Freud y Cols (1986) confirma que sujetos entrenados específicamente para correr en pendiente. Sin embargo, si la relación VO₂/frecuencia cardiaca, la lactacidemia postejercicio es mas elevada después de un protocolo con pendiente; esta aumenta un 2 % cada minuto hasta el 16 % para algunos (la velocidad esta fijada entre 10 y 14 km/h, en función de los sujetos). Este crecimiento se debe probablemente a una mayor actividad de los músculos del muslo (en particular los vastos laterales) con una glucogenolisis muscular más marcada (Costill, 1974; en Melin, 1989). Asimismo, el aumento del aporte de iones de H⁺ y, por lo tanto, la producción de CO₂ resultante puede explicar la existencia de un cociente respiratorio mas elevado al final del ejercicio (los iones de H⁺ tamponados por el bicarbonato HCO₃⁻; dan H⁺ + HCO₃⁻ = H₂O + CO₂) (5).

1.3.3 Preparaciones para una prueba de esfuerzo máximo:

Las preparaciones comúnmente recomendadas para una prueba de esfuerzo máximo comprenden 24 horas de reposo, ayunar durante la noche y una temperatura en la habitación de 22 grados (Andersen *et al*, 1971; Sherprd 1977). Puede resultar difícil persuadir a un atleta de categoría para que acepte reposos en total de 24 horas y efectivamente el estado del cuerpo no será entonces representativo de las condiciones normales. No obstante, el investigador debe insistir en que el atleta lleve a cabo unas sesiones de entrenamiento más ligeras que las habituales el día anterior de la realización de la prueba máxima. Algunos laboratorios carecen también de aire acondicionado; no hay pruebas de que una temperatura de mas 22 grados centígrados tenga ninguna influencia directa sobre resultados de una prueba corta de consumo máximo de oxígeno, aunque la exposición prolongada de calor, con la consecuente perdida de sales y de minerales, puede tener un efecto negativo sobre las puntuaciones de la prueba. Si la habitación esta caliente, la comodidad del sujeto sometido a la prueba puede mejorarse mediante el uso de un ventilador bien situado. Con frecuencia, la perdida de calor alcanzada de este modo equivale a una disminución de 2 grados centígrados de la temperatura ambiente.

Las puntuaciones de la prueba varían un poco según la hora del día. Los valores mayores se observan por la mañana (cuando el volumen de sangre central se ha maximizado por una noche de estar acostado). Por tanto, hay que anotar cuidadosamente la hora de la realización de la prueba, y siempre que sea posible esta hora debe ser la misma que la hora en que se celebrara la competición (43).

1.4 ASPECTOS Y CARACTERISTICAS FISIOLÓGICAS:

1.4.1 Hemoglobina y resistencia

EL rendimiento de resistencia esta influido por varios factores, en particular por la absorción máxima de oxígeno ($\text{VO}_2 \text{ max}$), el umbral anaeróbico y la eficiencia de la carrera. No obstante, puesto que el $\text{VO}_2 \text{ max}$ puede variar de un individuo a otro hasta en un 200% (desde $< 30 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), este factor debe de ser considerado determinante principal en el rendimiento de resistencia. Comparativamente, el umbral anaeróbico y la eficiencia en la carrera influyen solo en grado de modesto la porción del $\text{VO}_2 \text{ max}$ de un individuo que se utiliza durante los ejercicios de resistencia (hasta el 20 y el 5% de la $\text{VO}_2 \text{ max}$ respectivamente). A su vez, la $\text{VO}_2 \text{ max}$ esta determinada por el transporte de oxígeno, el producto del gasto cardiaco y el contenido de oxígeno arterial ($Q \times \text{CaO}_2$). Además, puesto que Q esta influido por la volemia (V) y el CaO_2 viene determinado enteramente por la concentración de hemoglobina (Hb) puede afectar notablemente la provisión de oxígeno a los músculos que trabajan, teniendo de este modo una significativa influencia sobre la $\text{VO}_2 \text{ max}$ y sobre el rendimiento de resisten.

1.4.2 Función de la hemoglobina en el transporte de oxígeno:

El oxígeno es transportado por la sangre en solución física como en combinación con la hemoglobina. La cantidad de oxígeno disuelto es proporcional a la presión parcial de oxígeno ($p\text{O}_2$) en la sangre como sigue: $P\text{O}_2 \times 0,003 \text{ ml de oxígeno por } 100 \text{ ml de sangre}$. Por tanto, bajo condiciones atmosféricas normales, el oxígeno disuelto contribuye muy poco al transporte general de oxígeno de la sangre. Además, el oxígeno sufre una combinación químicamente reversible con la hemoglobina, y esta es la responsable de la mayor parte de la capacidad de la sangre para transportar oxígeno. Cada gramo de hemoglobina puede combinarse

hasta con 1,39 ml de oxígeno, por lo que las variaciones de la (Hb) pueden afectar notablemente el transporte de oxígeno.

Dada la sustancial influencia de la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre sobre el rendimiento de resistencia, el tomar en consideración las medidas relacionadas con ello tiene un valor informativo. Puesto que la hemoglobina está contenida por glóbulos rojos de la sangre (GRS), el número total de GRS tiene una importancia considerable para el transporte de oxígeno. El recuento de GRS se determina mediante contadores automatizados, aunque es posible efectuar su medida con un microscopio ligero estándar y de cámaras de recuento. En varones sanos normales, el recuento medio de GRS es $5,2 \times 10^6 \text{ mm}^{-3}$ (con una variación de $4,5 - 6 \times 10^6 \text{ mm}^{-3}$), y en mujeres sanas normales de $4,8 \times 10^6 \text{ mm}^{-3}$ (con una variación de $4,0 - 5,5 \times 10^6 \text{ mm}^{-3}$). Aproximadamente un 45 % del volumen de sangre de un varón sano normal es de GRS (con una oscilación de 40-45%); este porcentaje recibe la denominación de hematocrito. En mujeres sanas es de 41 % (límites 37-47 %). El hematocrito puede determinarse mediante contadores automáticos, o más sencillamente por centrifugación. En la mayoría de las ocasiones el hematocrito descrito no es correcto por el plasma retenido (factor = 0,96), o por la relación sangre venosa a sangre total (factor = 0,91). La concentración de hemoglobina en la sangre se determina generalmente con contadores automáticos o mediante una técnica de ensayo espectrofotométrica de la cianohemoglobina. La (Hb) media de la sangre en varones sanos es $15,5 \text{ g} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$ (límites 14-18 $\text{g} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$), y las mujeres sanas normales tienen una (Hb) media de $13,8 \text{ g} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$ (con una oscilación de 12-16 $\text{g} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$) (19).

1.4.3 Resistencia muscular

La resistencia muscular se considera normalmente como la proporción de fuerza máxima que puede ser generada por un músculo en un momento dado, en relación con la fuerza máxima que fue posible efectuar durante un solo esfuerzo

breve inicial. Se puede considerar la resistencia muscular en relación con una contracción isométrica prolongada, una serie de contracciones dinámicas repetidas rítmicamente, o una serie de contracciones rítmicas sobre un dinamómetro isocinetico. En cada uno de estos casos, la reducción de la fuerza con el tiempo probablemente refleja una acumulación local de lactato, con una inhibición de la glucólisis y una insuficiencia de regeneración de ATP en las fibras musculares activas (Tesch & Wright, 1983). La pérdida general de fuerza muscular depende por tanto de la proporción de fibras musculares en las que la concentración de lactato han superado el valor límite para la función contráctil continuada.

En actividades muy prolongadas, la resistencia muscular puede verse limitada por otros factores, especialmente por el agotamiento de las reservas de glucógeno intramuscular (Hultman, 1971). Las biopsias musculares dejan clara la existencia de un agotamiento progresivo de las reservas de glucógeno en fibras asiladas. En actividades de más de una hora de duración, se confía principalmente en la función de las fibras musculares de contracción lenta. Cuando se reducen las reservas de glucógeno muscular, la continuación depende de forma creciente de la producción de la hormona del crecimiento y el cortisol (Sherpard & Sydney, 1975), con movilización de combustibles alternativos (glucógeno de hígado, proteólisis y lipólisis; Shepard, 1983). La disminución de la concentración de glucosa en la sangre a lo largo de un encuentro prolongado puede ser suficiente para causar una hipoglicemia clínica significativa, con un impacto negativo sobre la función cerebral (Noackes *et al* 1985). Otros metabolitos (la glucosa y los ácidos grasos) son transportados por el torrente sanguíneo hasta los músculos que se ejercitan, pero el ritmo de transferencia no es suficiente para mantener la fuerza máxima de contracción observada al inicio del ejercicio (Lloyd, 1966). En la competición se encuentran dificultades especiales en puntos de la competición en los que se requiere el esfuerzo anaeróbico (por ejemplo, el ciclista que debe

ascender una cuesta), puesto que cualquier ejercicio anaeróbico se ha hecho dependiente de un aporte adecuados de hidratos de carbono.

El entrenamiento de la resistencia muscular puede influir positivamente en el rendimiento de varias maneras. Primero, a medida que los músculos se fortalecen, se contraen con una fracción de menor fuerza voluntaria máxima. La perfusión, por tanto, se produce con mayor facilidad, y se puede mantener un esfuerzo dado sin recurrir a la actividad anaeróbica, que ocasionaría una acumulación de lactato y una reducción de la fuerza muscular. Puesto que el aumento del tamaño de los músculos activos ofrece una mayor conductancia vascular periférica, suele haber por lo general una relación muy estrecha entre la masa corporal magra y el consumo máximo de oxígeno (Davies & van Haaren, 1973), aunque en la mayoría de los deportes de resistencia la hipertrofia muscular también la desventaja práctica de aumentar la masa corporal total y por tanto la carga que debe ser transportada (Sherpard, 1982). Además, el entrenamiento de resistencia aumenta la actividad local de las enzimas aeróbicas (Holloszy, 1973); este cambio facilita una continuación del metabolismo aeróbico a bajas presiones parciales de oxígeno, estimulando el metabolismo de las grasas, produciendo un ahorro de glucógeno intramuscular. Por último, la magnitud de las reservas de glucógeno intramuscular tiende a ser mayor en individuos bien entrenados que en quienes no están acostumbrados a las actividades de resistencia (43).

1.5 ASPECTOS Y CARACTERISITCAS GENETICAS:

1.5 .1 Determinantes genéticos del rendimiento de resistencia

Los genes desempeñan un papel crítico en el rendimiento motor humano, tanto si se trata de una tarea muy sencilla efectuada en la vida cotidiana como si se tratara de una técnica deportiva compleja ejecutada por un deportista de elite. Esto es válido también para el rendimiento humano en los deportes de resistencia. No se debe sorprender que los genes tengan una intervención tan importante, puesto

que su función es proporcionar la información codificada que sirve de plantilla para la síntesis de las distintas clases de proteínas. Y las proteínas contráctiles, las de transporte, las enzimáticas, las inmunes, las hormonales, las citoesqueleticas y de otras clases son las esencia de la vida y de los mecanismos de adaptación.

1.5.2 Semblanza familiar:

Un enfoque que permite la valoración de la importancia de la semblanza familiar en los fenotipos que contribuyen al rendimiento de resistencia, consiste en comparar la variación entre otras familias o grupos de hermanos con las observadas dentro de una misma familia nuclear o de unos hermanos. Para obtener una respuesta significativa, hay que controlar las variables contaminantes que guarden relación tales como la edad, el sexo, la masa y la composición corporal. La potencia aeróbica parece caracterizarse por un parecido familiar significativo (Montoye & Gayle; Lortie *et al* , 1982; Lesage *et al*, 1985). Así, la relación de variancia entre familias nucleares o dentro de una misma familia nuclear el VO₂ máx. expresada en kilogramos de masa corporal o en kilogramos de masa libre llega aproximadamente a 1,3. Por otro lado, la misma relación de varianza entre grupos de hermanos distintos y dentro de un mismo grupo de hermanos (en los que se incluyen únicamente los hermanos y hermanas biológicos) alcanza alrededor de 1,5. Se sabe que estas proporciones son estadísticamente significativas.

Cuando se llevan a cabo análisis similares con datos de rendimiento de potencia submaxima (PWC kg⁻¹) con hermanos adoptivos hermanos biológicos (Bouchard *et al*, 1984), la relación de varianza entre hermanos y grupos de distintos hermanos llega a 1,4 para los hermanos adoptivos pero a 1,8 para los biológicos. Las relaciones se convierten en 1,4 y 2,5 respectivamente, cuando PWC se expresa sobre una base de por kilogramos de masa libre de grasa. Estas

observaciones sugieren que aunque se descubra una concentración familiar de diferencias individuales en las medidas del rendimiento aeróbico, el parecido familiar se produce no solo por los genes compartidos por los miembros de la familia, si no también por condiciones ambientales familiares comunes. Esta conclusión esta apoyada por las significativas correlaciones marido / mujer para $\dot{V}O_2$ max y la PWC 150, si se expresa sobre una base de por kilogramos de masa o por kilogramos de masa libre de grasa. No obstante, las correlaciones significativas entre esposos pueden ser ocasionados no solo por las condiciones cohabitacionales compartidas, si no también por la existencia de una concordancia positiva entre la pareja en cuanto actividades aeróbicas.

1.5.3 Heredabilidad de determinantes importantes:

Las diferencias individuales en el tamaño del corazón y en el volumen sistólico son determinantes importantes del rendimiento aeróbico que afecta a grandes masas musculares. Varios estudios con gemelos ha examinado por ecografía (Adams *et al*, 1985; Fagard *et al*, 1987). Ninguno de estos estudios sugiere la existencia de un gran efecto genético sobre las dimensiones del corazón, una vez tomada en cuenta la masa corporal. Nuestro propio estudio que abarcaba varias clases de parientes por descendencia o por adopción sugiere que la heredabilidad de las diversas dimensiones del corazón es pequeña pero significativa después de ajustar datos por la edad, el sexo la masa corporal y el nivel habitual de actividad física. Algunas veces se usa el pulso máximo de oxígeno como una estimación sencilla de volumen máximo sistólico. Hemos indicado que la heredabilidad del pulso máximo de oxígeno, ajustada para los contaminantes adecuados, es de aproximadamente el 50 % (Bouchard *et al*, 1986).

La capacidad de los tejidos musculares esqueléticos para utilizar oxígeno y para oxidar sustratos de lípidos representa otro grupo de determinantes del rendimiento de resistencia.

1.5.4 Genotipo y la respuesta al entrenamiento.

Se puede concluir que la herencia constituye solamente una contribución secundaria de los varios fenotipos del rendimiento de resistencia y algunos de sus determinantes entre individuos sedentarios. No obstante, los sujetos medidos han sido principalmente sedentarios y por tanto no se han visto sometidos a los retos representados por las demandas de un ejercicio regular, intenso y sostenido. Bajo tales circunstancias, las diferencias individuales están poco influidas por las variantes del ADN que afectan la expresión genética, en contraposición con una situación en la que la gente está bajo estrés de grandes incrementos del ritmo metabólico. Por tanto, parece muy razonable sugerir que las diferencias genéticas pueden volverse más notables cuando sujetos sedentarios son expuestos a ejercicios regulares (Bouchard, 1986).

Las investigaciones habían demostrado ampliamente que el rendimiento aeróbico, el volumen sistólico, la capacidad oxidativa muscular esquelética y la oxidación de lípidos son fenotipos que pueden adaptarse al entrenamiento. Por ejemplo la VO₂ máx. de personas sedentarias aumenta en un 20-30% al cabo de unos pocos meses de entrenamiento y, a veces puede incluso doblarse. No obstante, si hay que creer que la existencia de un papel del genotipo en estas respuestas al entrenamiento, debe haber pruebas de la existencia de diferencias individuales en la entrenabilidad.

1.5.5 Marcadores genéticos y rendimiento aeróbico:

Existen sólidas indicaciones de que el nivel de heredabilidad de los fenotipos de rendimiento aeróbicos y sus determinantes más importantes es más bien bajo, mientras que el papel de elementos genéticos indeterminados en la entrenabilidad es verdaderamente sorprendente. Por tanto, los intentos para identificar marcadores genéticos es más probable que tenga éxito al usar una magnitud de la respuesta al entrenamiento como el fenotipo de interés, más que las diferencias

individuales observadas en la población sedentaria. No obstante, hemos investigado el problema con baterías de marcadores genéticos usando estrategias diferentes: 1) discriminar entre atletas de resistencia entrenados de elite y controles sedentarios adecuados; 2) dar cuenta de las diferencias individuales de rendimiento aeróbico entre sujetos sedentarios; y 3) pronosticar el modelo de respuesta de entrenamiento aeróbico. En cada caso, incluimos en la batería de marcadores genéticos: 1) variantes genéticas productos de los genes tales como enzimas, antígenos de los glóbulos rojos, especificidades del sistema de antígeno leucocitario humano (HLA) en los locus de las clases I y II y otros; 2) polimorfismo de longitud de fragmentos de restricción (RFLP = restriction fragment length polymorphism) para una diversidad de genes candidatos a codificar en el ADN nuclear; y 3) el RFLP en el ADN mitocondrial.

Anteriormente, hemos demostrado que los polimorfismos de los antígenos de los glóbulos rojos y de las enzimas no estaban asociados con el nivel de atletas de elite en pruebas de resistencia (Chagnon *et al*, 1984; Couture *et al*, 1986). Además, las 11 enzimas de la vía glucolítica y las 9 enzimas del ciclo del ácido tricarboxílico de los músculos esqueléticos no muestran ninguna variante en una gran muestra de sujetos, lo que corrobora la idea de que las variaciones en las secuencias de codificación de estos genes es poco probable que sean las responsables de la individualidad del rendimiento aeróbico de la entrenabilidad (Marcotte *et al*, 1987) (7).

1.6 ASPECTOS Y CARACTERISTICAS ANTROPOMETRICAS Y ANATOMICAS:

1.6.1 Fundamentos anatómicos y antropométricos de la resistencia

La resistencia depende de la intensidad y la duración de la fuerza ejercida. Si $F_{max} \rightarrow t_{min}$ expresa la fuerza máxima a ejercer, su recíproca $F_{min} \rightarrow t_{max}$ es el polo opuesto, o resistencia. Un análisis causal de los fundamentos funcionales anatómicos y antropométricos de la resistencia debe comenzar.

La fuerza de cada uno de los músculos puede estimarse antropométricamente solo con la medición de las circunferencias de las extremidades implicadas. Este enfoque es vago, puesto que los músculos agonistas y antagonistas, la grasa subcutánea y los huesos están todos incluidos en la circunferencia. Lo dicho también es válido si los volúmenes de las extremidades se valoran mediante el procedimiento de desplazamiento (Davies, 1978), o si las masas de las extremidades se determinan mediante el procesamiento de datos antropométricos con ecuaciones de regresión (Martirosov, 1982). Las masas del cuerpo están muy correlacionadas con la fuerza total de la musculatura esquelética (fuerza absoluta). Los procedimientos antropométricos permiten realizar la estimación de la masa muscular, de la masa grasa, de la masa sin grasa o enjuta, de la masa ósea y de la masa total del cuerpo. Probablemente, puede hallarse buenas correlaciones entre la fuerza absoluta y la suma de las circunferencias de las extremidades, los análisis de factores han confirmado la existencia de correlaciones de estas características corporales con valores registrados dinamométricamente que muestran clasificaciones altas para las dos características del somatotipo y los valores dinamométricos en los mismos factores (Wutscherk, 1981).

La masa muscular es el elemento estructural fundamental que determina la fuerza muscular. Puede estimarse a partir de una serie de mediciones antropométricas (cuatro circunferencias de las extremidades corregidas mediante valores

adecuados de los pliegues de la piel [Matiegka, 1921]), o puede cuantificarse mediante determinaciones del potasio total. Las correlaciones entre otras masas corporales y la fuerza muscular refuerzan la suposición de que la masa corporal y la masa enjuta o libre de grasa cambian paralelamente con la masa muscular de un modo estocástico (al azar).

La variabilidad de la capacidad de la resistencia se debe en parte a las diferencias que hay en estas masas corporales, pero la importancia de la masa corporal total para esta capacidad específica no es tan clara. Por eso las dimensiones del cuerpo afectan la capacidad de resistencia al menos en dos formas:

- 1) La fuerza muscular es correlativa con la masa muscular.
- 2) La masa corporal total (MC) está sujeta a la fuerza de la gravedad (F_{grav}), aunque el impacto sobre un deporte de resistencia determinado no siempre viene dado por la relación MC / F_{grav} . Esta proporción es la apropiada en las pruebas de pista, pero la relación es más compleja en el remo, el piragüismo. La natación y el ciclismo (en donde el efecto gravitacional de la masa corporal está parcialmente o casi totalmente contrarrestado por la flotabilidad, por el desplazamiento del agua y/ o por la masa del equipo auxiliar), en donde la resistencia del aire o del agua se convierte en la influencia dominante.

Los términos que destacan solo un aspecto tales como “fuerza- resistencia” o “resistencia a corto, medio y largo plazo” han tomado carta de naturaleza en los círculos de entrenamiento (Thies & Schnabel, 1985). El perfil de la resistencia específica para un deporte que condicionara dominancia de ciertos fenotipos de pruebas de resistencia viene, sin embargo, determinado por la relación entre la fuerza relativa necesaria para un determinado deporte y su duración.

1.6.2 Fundamentos antropométricos:

La fuerza relativa puede optimizarse aumentando la musculatura o reduciendo la masa corporal (reduciendo por tanto la influencia de la gravedad). Una gran masa corporal resulta ventajosa en deportes en los que la fuerza de la gravedad esta parcial o totalmente contrarrestada. La clasificación de la masa corporal media en varios deportes permanece invariable a pesar de las diferencias compensadoras de la altura corporal media en los diversos tipos de deportes de resistencia.

1.6.3 Efectos de la talla sobre la resistencia:

El incremento de la talla suele aumentar; (a) la masa corporal, el área de superficie corporal y el volumen corporal; y (b) la palanca de los músculos. Con independencia del hecho de relación entre la masa corporal y la altura sea lineal (Noack *et al*, 1985) o (Martinov, 1982), existe acuerdo en que la fuerza en relación con la masa corporal crece mas a mediad que la masa corporal disminuye. Los atletas de resistencia tiene una proporción talla- masa inferior a la media; esta característica puede observarse tanto en hombres como mujeres.

La ventaja que pueden tener los atletas altos, especialmente en pruebas de pista, es de consecuencia de una mayor palanca en las extremidades largas. Suponiendo una fuerza aplicada constante, las palancas de mayor longitud permiten una mayor amplitud del movimiento (longitud de la zancada), pero requieren también una frecuencia mas baja de los pasos para que el movimiento sea económico. En base a las características del somatotipo, un atleta puede obtener buenos o muy buenos resultados utilizando la longitud de paso (FP) alta o una combinación optima de las dos. La velocidad media del producto de LP x FP (m/s).

Estos factores explican por que la fatiga, mas allá de una distancia de entrenamiento determinada, puede retrasarse mediante una mayor eficiencia motora atribuirle a una ventaja del somatotipo.

1.6.4 Somatotipo de los atletas de resistencia:

Cuando se evalúan estas medidas, no parece tener utilidad considerar las diferencias proporcionales entre los deportes, aunque los procedimientos estadísticos los apoyan (DeGaray *et al*, 1974). Carter *et al*, 1982 muestran los valores del somatotipo que varia desde 7.1.1, pasando por 4.4.4, hasta 1.1.7, con hombres situados en el grupo de los mesomorfos, de los mesomorfos extremos, o entre los endomorfos y los ectomorfos (componente mesomorfo = 1); no obstante, tales descubrimientos no son representativos de las mujeres. Los atletas están situados en un espectro mucho más estrecho que el proporcionado por el diagrama general. Los somatotipos medios de los atletas de resistencia de alta categoría (participantes en los juegos olímpicos, y miembros del antiguo equipo de la RDA clasificados como internacionales de categoría superior) han permanecido relativamente constantes con el transcurso de los años (45).

CAPITULO 2

TEST FISICOS MOTORES APLICABLES PARA EVALUAR LA CAPACIDAD AEROBICA

2 .1 DEFINICIÓN DE TEST:

La palabra test viene del ingles y significa ensayo, prueba o que determina un valor. A los test originalmente se le conoce con mayor exactitud como un “experimento”, lo cual significa un procedimiento científico que bien de un proceso o comportamiento con el fin de obsérvalo o medirlo, esto se realiza de una forma intencional y planeada.

La palabra experimento es utilizada y se aplican a las ciencias naturales donde se realizan ensayos fuertemente controlados o en las investigaciones psicológicas se controlan y varían las condiciones en forma sistemática. Entre tanto el concepto de test es utilizado o se utiliza para lo siguiente:

- Los procedimientos de análisis de las características de la personalidad
- El proceso de ejercitación de una investigación
- La totalidad de los requisitos necesarios para la investigación
- Toda investigación en la cual se utilizan muestras tomadas al azar
- Diversos procedimientos de pruebas matemáticos – estadísticos (LIENERT, 1969, 7). (8)

En un test, entre otras cosas, se provoca voluntariamente el comportamiento observado o registrado.

Otro concepto utilizado cuando se realiza un test es el llamado “Batería de tests”, que significa la combinación de varios test individuales en la cual , el test individual pierde independencia y se realiza con el fin de lograr un objetivo general, es decir, mide exactamente una posible y definida característica de la personalidad en el aspecto físico(LIENERT 1969, 367), Cuando se agrupa una serie de tests se

orienta de acuerdo a su ámbito de validez, y deben de medir la misma característica de la capacidad de rendimiento deportivo. Las tareas individuales de una buena batería de tests, con las cuales se mide una característica delimitada en forma relativamente estrecha, y deben correlacionarse entre si cuanto mas se pueda. Sin embargo, es deseable que los tests individuales de una batería-independiente de si se correlacionan poco o mucho – presentan una correlación lo mas alta que sea posible con el valor del test total o con un criterio externo independiente. (8)

Por eso en este orden se considera dos tipos de baterías de tests (LIENERT 1969, 376) que son los siguientes:

Las baterías de tests homogéneas son los tests individuales que miden mas o menos el mismo aspecto de una característica y se correlacionan fuertemente entre si y con el criterio, posibilitan una evaluación mas precisa de la característica que se cuestiona.

Las baterías de tests heterogeneas se caracterizan, porque sus tests individuales se complementan recíprocamente, cada uno mide otro aspecto de la capacidad deportivo - motriz a analizar (investigar). Por tal motivo se correlacionan muy poco los tests individuales entre si, se correlacionan en gran medida con el criterio. Cuantos mas diversos aspectos de una característica se pueden considerar con una batería de tests realizados en forma individual o en un grupo, mas exactos serán los enunciados sobre la intensidad de la característica y la estructura de la misma. (8)

Teniendo un panorama sobre el concepto de test, ahora se pasara a definir que es un test deportivo motor:

2.2 TEST DEPORTIVO MOTOR:

Es conocido como un procedimiento, que se realiza bajo condiciones estandarizadas con el fin de estudiar una o varias características delimitables y de cualidades individuales deportivo- motriz, general y especial. El objetivo de la medición es un enunciado, lo mas cuantitativo posible, sobre la intensidad de la característica deportivo – motriz individual.

Por eso esta definición acerca de los tests deportivos motores delimita el significado de la palabra test, ya que todo análisis o estudio, que se utilice para la medición de una cuestión determinada, puede servir como test, por eso un procedimiento de test tiene las siguientes características:

Condiciones estandarizadas: se le llama un test estandarizado, ya que a la hora de realizarlo debe tener valores exactos sobre respectivamente la preparación de los requisitos sobre respectivamente la preparación de los requisitos del test (manual del test, en el cual están contenidos la descripción, la formación y las bases científicas del test, los materiales del test, como las ayudas permitidas, los aparatos del test, ayudas en el procesamiento matemático de los datos del test)(LIENERT, 1969,10 en adelante).

Caracterización delimitable en forma empírica: esta condición implica una delimitación del objeto del test a determinadas cualidades deportivo – motrices aislables y que por lo tanto puedan ser accesibles en forma científica.

Enunciados cuantitativos: esta definición esta relacionada con el nivel de los datos obtenidos (nivel o calidad de los datos), ya que dado lo datos métricos ofrecen la mayor información y se busca en lo posible datos del mas alto valor).

Grado relativo de la intensidad de la característica deportiva individual: esta condición esta sujeto a la ejecución de comparaciones interindividuales son muy útiles las tablas normalizadas, porque ellas permiten la clasificación de un individuo un grupo de referencia, grupo que en los casos corrientes es mayor que la muestra de personas que hizo el test. Además para los valores normalizados se obtienen generalmente en una muestra representativa, ya que de forma tal, las comparaciones son más validas. (8)

2.2.1 Criterios de calidad de un test físico motor:

Los siguientes criterios científicos de validez para un tests son:

Objetividad: Un test o prueba posee mas objetividad cuanto mayor sea el grado de independencia sobre elementos externos que puedan intervenir, ya que debe de analizarse de forma aislada, porque puede afectar de forma diferente a cada fase de una prueba, o en la ejecución de la misma, como también en la evaluación y su interpretación.

Un test objetivo ha de garantizar que su ejecución se realice con el arreglo de un método, y que este puede reproducirse posteriormente de la misma manera. Es decir que la explicación y la demostración del test no deben inducir a cosas antiguas o interpretaciones diferentes que puedan modificar el resultado del mismo.

La objetividad de un test también puede ser medido a diferentes criterios de valoración e interpretación, donde se determina que sea mas medible, en términos numéricos y de acuerdo a escalas estandarizadas, sea su resultado. (37)

La fiabilidad o confiabilidad: Significa el grado de exactitud con el que se mide una característica correspondiente, y suele realizarse por el método de repetición. El test en este caso debe repetirse bajo las mismas condiciones lo mas semejantes posible y un periodo breve.(22)

La validez: Se llama validez cuando realmente un test revela o demuestra las características que se han de medir. Por eso para que haya una validez alta, debe o se requiere de una gran objetividad y confiabilidad.(14)

Aunque existen otros criterios de calidad que es necesario tener en cuenta en el desarrollo de un test según Grosser y Starischka (1988) los tests seleccionados deben ser económicos, normalizados, comparables y útiles.

Las pruebas se consideran económicas si:

- Se pueden ejecutar en tiempo breve.
- Se realiza con poco material.
- Su descripción y demostración es fácilmente realizable.
- Se puede aplicar a grupos de sujetos.
- Es fácil de analizar y evaluar.

Un test es normalizados si:

- Se puede utilizar cada valor obtenido como referencia.
- Sus resultados son específicos según parámetros de edad, sexo, nivel de rendimiento, etc.
- Su evaluación se realiza sobre bases estadísticas como el promedio, desviación estándar o tabla de puntuaciones existentes.

El criterio de comparabilidad describe que se permite relacionar los valores resultantes de un determinado test con otras soluciones obtenidas en otros tests análogas y validez semejante.

Por ultimo el criterio utilidad habla del principal motivo por el cual fue escogido el test, ya que su resultado debe aportar información relevante de su análisis y su evaluación permitirá tomar decisiones. (36)

Ahora ya se hablo de aquellos criterios de calidad para la aplicación o realización de un test motor, pero es importante conocer los tres principales criterios de eficiencia o también llamados coeficientes de eficiencia que determinan también la validez de un test:

Coeficiente de objetividad: son considerados los que resultan de la correlación de los resultados obtenidos por distintos examinadores con los mismos examinados e iguales condiciones realizadas.

Coeficiente de confiabilidad: este criterio se determina por el método del retest. Los test se repitieron con las mismas personas y examinadores y los resultados se correlacionan.

Coeficiente de validez: este criterio no se controla especialmente, ya que aquí solo se mide directamente la característica indicada.(14)

En 1976, Fetz y Kornexi ya apuntaban como el límite inferior de eficiencia de un test señalados por Meyer y Blesh (1962):

- Coeficiente de objetividad y confiabilidad en análisis individual= 0,85
- Coeficiente de objetividad y confiabilidad en análisis grupal = 0,75
- Coeficiente de validez mínimo = 0,60.

(37).

2.3 TEST PARA EVALUAR LA CAPACIDAD AEROBICA

A continuación se presentaran algunos test que miden la capacidad aeróbica, estas pruebas estarán divididas en dos partes: test de laboratorio y tests de campo

2.3.1 Test de laboratorio:

Test con banda sin fin:

La banda sin fin constituye el principal ergometro de laboratorio debido a que la caminata, el trote y la carrera son ejercicios donde interviene numerosos grupos musculares, condición esta que asegura el logro de los valores mas elevados de consumo de oxígeno, lactacidemia, frecuencia cardiaca y frecuencia ventilatoria.(2)

PROTOCOLO:

Existen numerosos protocolos con banda sin fin. A continuación las descripciones de algunos de ellos:

TEST DE ASTRAND: Es un test que sirve para monitorear la resistencia aeróbica (VO₂ máx.).

Se inicia con una velocidad de 8.05 km/h (5MPH) y con una inclinación de 0 grado. A los 3 minutos se incrementa solo la inclinación a 2.5 % y cada 2 minutos se continua aumentando la misma en 2.5 %.

Se registra el tiempo desde el inicio del test hasta que el examinado se agota.

A partir del tiempo total del test se estima el VO₂ máx., mediante la siguiente formula:

$$\text{VO}_2 \text{ máx.} = (T * 1.444) + 14.99$$

Donde: VO₂ máx. En ml/kg/min.

T es el tiempo expresado en minutos y fracciones (min + seg/60).

TEST DE BALKE: El objetivo es monitorear la resistencia aeróbica (VO₂ máx.).

El examinado caminara sobre la banda hasta el agotamiento. La inclinación se incrementa de la siguiente forma:

En hombres activos y sedentarios:

- Velocidad se mantiene constante a 5.28 km/h
- Se inicia sin inclinación.
- Al minuto se aumenta a 2%.
- De ahí en adelante cada minuto la inclinación se aumenta en 1%.

En mujeres activas y sedentarias:

- La velocidad se mantiene constante a 4.8 km/h.
- Se inicia sin inclinación.
- A los 3 minutos se aumenta la inclinación a 2.5 %.
- De ahí en adelante cada 3 minutos la inclinación se incrementa en 2.5%.

Se registra el tiempo desde el inicio del test hasta que la persona examinada se declare incapaz de continuar.

Generalmente la prueba dura entre 9 y 15 minutos.

A partir del tiempo total del test se estima el VO₂ máx. mediante la siguiente formula:

Para hombres activos y sedentarios (según Pollock y cols 1976).

$$\text{VO}_2 \text{ máx.} = 1.444 \times T + 14.99$$

Para mujeres activas y sedentarias (según Pollock y cols, 1982).

$$\text{VO}_2 \text{ máx.} = 1.38 \times T + 5.22.$$

Donde: VO₂ máx. en ml/kg/min.

T es el tiempo expresado en minutos y fracciones (min + seg/60). (2)

TEST DE BRUCE PARA DEPORTISTAS: El objetivo es monitorear la resistencia aeróbica (VO2 máx.) en personas activas y deportistas.

El examinado corre hasta el agotamiento. La velocidad y la inclinación de la banda aumentan como se muestra en la tabla 1:

Tabla 1: Características del protocolo de Bruce.

Etapa	Tiempo (min)	Velocidad (km/h)	Inclinación (%)
1	0	2.74	10
2	3	4.02	12
3	6	5.47	14
4	9	6.76	16
5	12	8.05	18
6	15	8.85	20
7	18	9.65	22
8	21	10.46	24
9	24	11.26	26
10	27	12.07	28

Generalmente la prueba dura entre 9 y 15 minutos.

A partir del tiempo del test se estima el VO2 máx. mediante la siguiente formula:

Hombres (según Foster et al, 1984):

$$\text{VO2 max} = 14.8 - (1.379 \times T) + (0.4519 \times T^2) - (0.012 \times T^3).$$

Mujeres (según Pollock y cols, 1982):

$$\text{VO2 máx.} = 4.38 \times T - 3.9.$$

Donde: VO2 máx. en ml/kg/min.

T es tiempo expresado en minutos y fracciones (min + seg/60). (2)

Test con cicloergometro

La bicicleta ergometrica es otro de los ergometros de laboratorio empleados para la evaluación de la capacidad funcional. Los niveles máximos alcanzados con este dispositivo son inferiores a los obtenidos con la banda sinfín, debido a la fatiga localizada por el mayor trabajo que realiza la musculatura de la parte inferior del cuerpo.(2)

PROTOCOLO:

Existen numerosos protocolos con cicloergometro. A continuación se describen algunos de ellos:

TEST DEL COLEGIO AMERICANO DE MEDICINA DEPORTIVA:

Es un protocolo submaximal que se recomienda utilizar en personas no altamente entrenadas.

Este protocolo submaximal como otros esta basado en la observación de que existe una relación lineal entre el pulso e intensidad del ejercicio o VO₂ una vez que alcanzan las 110 pul/min.

La intensión del mismo es extrapolar dichas relación lineal entre el pulso e intensidad a la frecuencia cardiaca máxima del examinado en base a la edad para calcular el VO₂ máx.

El programa de cargas a utilizar se selecciona según el peso corporal y el nivel de entrenamiento (tabla 2).

Tabla 2: Selección del programa de cargas del test submaximal del colegio americano de medicina deportiva.

Peso corporal ,kg	Persona sedentaria	Persona activa
Hasta 74	A	A
De 74 a 90	A	B
Mas de 90	B	C

Se considera persona activa a la que entrena como mínimo 3 veces a la semana durante 15 minutos por sesión.

En la tabla 3 se muestran las características de los programas de cargas.

Tabla 3: Características de las cargas de cada programa en el test del colegio americano de medicina deportiva.

Etapas del test	Programa A	Programa B	Programa C
1ra	150(0.5)	150(0.5)	300(1.0)
2da	300(1.0)	300(1.0)	600(2.0)
3ra	450(1.5)	600(2.0)	900(3.0)
4ta	600(2.0)	900(3.0)	1200(4.0)

La frecuencia del pedaleo es la misma para todos los examinados a una frecuencia de 50 ciclos por minuto.

Los valores entre paréntesis indican la resistencia al pedaleo en kp.

La duración de cada etapa es de 2 minutos.

Se registra el pulso durante los últimos 15 segundos de cada etapa.

Se interrumpirá el test, cuando en lagunas etapas el pulso supera el 70% del valor de pulso máximo teórico, calculado por 220 menos la edad en años.

Conociendo los dos últimos pares de valores de potencia de carga y pulso, se determina la potencia máxima individual mediante extrapolación lineal hasta el valor del pulso máximo del entrenado. (2)

Formula de extrapolación lineal:

$$\text{Potencia máxima, kgm/min} = p1 + (p2 - p1) \times (fcm - fc1) / (fc2 - fc1)$$

En la cual:

P1 es potencia de primera etapa, kgm/min.

P2 es potencia de última etapa en kgm/min.

Fcm es pulso máximo teórico calculado por $220 - \text{edad en años}$.

Fc1 es pulso de la primera etapa en pul/min.

Fc2 es pulso de la segunda etapa en pul/min.

A partir del valor de potencia máxima se puede estimar el consumo máximo de oxígeno utilizando la formula del colegio americano de medicina deportiva recomendada por ciclo ergometros, la cual es:

$$\text{VO2max (ml/kg/min)} = (\text{kgm/min} \times 2 + \text{peso, kg} \times 3.5) / 3.5.$$

(2)

TEST P.W.C 170: Es un test de capacidad física de trabajo aeróbico submaximo y se basa en determinar mediante extra o interpolación lineal la intensidad de carga corresponde a 170 pul/min.

Entre los fundamentos del test PWC 170 se encuentran:

- El nivel de 170 pulsaciones por minuto constituye una zona de funcionamiento óptimo del sistema cardiorespiratorio a nivel del umbral del metabolismo anaeróbico.
- Una mayor intensidad de carga a 170 pul/ min, indica mayor nivel de capacidad aeróbica.

- Por debajo de este nivel existe una linealidad entre el incremento de la intensidad de carga y el de la frecuencia cardiaca en personas de hasta 30 años.
- Dicha linealidad permite extrapolar para determinar la intensidad de carga a 170 pul/min, a partir de la intensidad y pulso de dos cargas submaximas.(2)
Su metodología se basa en aplicar 2 cargas físicas de 5 minutos de duración cada una con una pausa intermedia de 3 minutos.

En la primera carga el pulso debe elevarse hasta valores entre 100 y 120 pulsaciones por minuto y las segunda entre 145 y 160 pul/min.

Se registra pulso durante 15 segundos finales de cada carga.

Se determina el valor de potencia a 170 pul/min mediante extrapolación lineal (V Karpman 1969), propuso la siguiente formula para obtener dicho resultado:

$$PWC170 = W1 + (W2 - W1) \times (170 - FC1) / (FC2 - FC1).$$

En la cual:

PWC170 es el resultado del test en kgm/min.

W1 y W2 son valores de potencia de la primera y segunda carga expresados en kgm/min.

FC1 y FC2 son los pulsos de la primera y segunda carga del test.(2)

2.3.2 Test de campo.

TEST DE COOPER: Es un test de enorme tradición que ha sido empleado a nivel escolar, en practicantes y deportistas.

Consiste en recorrer la mayor distancia posible en 12 minutos, se suele realizar en una pista de atletismo para que la distancia este mejor controlada.(2)

Esta fue la formula que propuso Cooper para estimar el VO2 máx. con esta prueba:

VO2 máx. (ml/kg/min)= (metros en 12 minutos/1609 – 0.3138)/ 0.0278.

A continuación se relaciona las tablas de valores para este test:

Tabla 5: Clasificación de los resultados del test de Cooper aplicados a personas adultas

Genero/edad	Excelente	Sobre media	Promedio	Bajo media	Pobre
Masculino 20-29	>2800	2400-2800	2200-2399	1600-2199	<1600
Femenino 20-29	>2700	2200-2700	1800-2199	1500-1799	<1500
Masculino 30-39	>2700	2300-2700	1900-2299	1500-1999	<1500
Femenino 30-39	>2500	200-2500	1700-1999	1400— 1699	<1400
Masculino 40-49	>2500	2100-2500	1700-2099	1400-1699	<1400
Femenino 40-49	>2300	1900-2300	1500-1899	1200-1499	<1200
Masculino >50	>2400	2000-2400	1600-1999	1300-1599	<1300
Femenino >50	>2200	1700-2200	1400-1699	100-1399	<1100

Tabla 6: Clasificación de los resultados del test de Cooper aplicado a deportistas.

Genero	Excelente	Sobre media	Promedio	Bajo medio	Pobre
Masculino	>3700	3400-3700	3100-3399	2800-3099	<2800
femenino	>3000	2700-3000	2400-2999	2100-2399	<2100

TEST DE CARRERA DE 6 MINUTOS: En este test se plantea recorrer mediante la carrera y otros ejercicios aeróbicos (ciclismo, natación y remo) la mayor distancia posible en un tiempo 6 minutos.

La velocidad promedio desarrollada durante este test es muy cercana a la velocidad del VO₂ máx. Dicha velocidad de desplazamiento puede ser utilizada durante intervalos de ejercicios de 3 minutos con vista a mejorar capacidad aeróbica. (2)

CAT-TEST (CHANON Y STEPHAN, 1985): El CAT (control aerobic training) es una prueba de campo con carrera que consiste en realizar tres carreras de intensidad separadas entre si o intervalos de 10 minutos de recuperación. La primera distancia se correrá en 6-8 minutos (800-1200) a una intensidad de 140 pulsaciones por minuto. La segunda carrera será también de de 6-8 minutos pero superior de acuerdo a su ritmo correspondiente a un pulso de 160 pul/min. La tercera se realizara al máximo de las posibilidades de cada corredor y es la que permite hallar los valores máximos de pulso y de consumo de oxígeno máximo. Al final de la última serie se tomara el pulso en los primeros 30 segundos de los primeros 5 minutos de recuperación.

Por tanto esta prueba permite hallar de forma indirecta el consumo de oxígeno, los umbrales y la curva de recuperación de la frecuencia cardiaca. La duración de la última serie estará en función del deportista; si se trata de corredor de fondo

masculino deberá correr 3000 metros, si es femenino o de menor nivel 2000 metros y las personas debutantes o muy jóvenes recorrerán 1500 o 1000 metros.
(2)

TEST PROGRESIVO COURSE NAVATTE DE L. LEGER (TEST MULTITAPAS O TEST DE SONIDOS): Es un test de campo muy conocido y atractivo sobretudo en países como donde el futbol es tradición. Se utiliza para estimar el máximo consumo de oxígeno en deportes con pelotas. También es un test utilizado para predecir el VO_2 máx de los árbitros (19), que de acuerdo es el test más indicado para evaluar la capacidad aeróbica de los árbitros de fútbol. Es un test colectivo que no requiere un gran espacio para su ejecución. resulta más específico para medir la resistencia aerobia de los árbitros durante el juego y mediante él se podría evaluar verdaderamente la resistencia aerobia específica de los mismos, pues las acciones musculares y energéticas que tienen lugar en la ejecución de este test. Ya que según investigaciones demuestran que el test de Va y Viene resulta más específico para medir la resistencia aerobia de los árbitros durante el juego y mediante él se podría evaluar verdaderamente la resistencia aerobia específica de los árbitros, pues las acciones musculares y energéticas que tienen lugar en la ejecución de este test, permiten que se pueda transferir a la medición el mismo efecto que se obtendría (42) (2).

Su metodología consiste en realizar carrera de ida y vuelta entre dos líneas paralelas separadas entre si 20 metros. Para esto puede utilizarse un tabloncillo de baloncesto o de voleibol techados. Los examinados se desplazan simultáneamente siguiendo sonidos que emite una grabación, los cuales indican la partida de cada línea.

Se exige llegar a la línea contraria antes o justo con el siguiente sonido. Cada etapa dura un minuto, la velocidad inicial de desplazamiento es 8.5 km/h; aumentando 0.5 km/h de una carga a otra. El test finaliza cuando los examinados se retrasan 3 veces seguidas a los sonidos (34).

El resultado es la velocidad de la etapa en que cada evaluado se agota. El máximo consumo de oxígeno puede ser estimado por medio de las siguientes ecuaciones:

$$VO_2 \text{ max (ml/kg/min)} = 5.86 \times V_f - 19.46.$$

$$VO_2 \text{ max (ml/kg/min)} = -24.4 + 6 \times V_f.$$

En las cuales: V_f es la velocidad de la última etapa alcanzada por cada evaluado expresada en km/h.

E es la edad en años.

En la tabla 7 se muestra la velocidad, el tiempo por cada 20 metros y otros datos del control de carga del test:

Tabla 7: Programa de cargas del test progresivo o course navette de ida y vuelta sobre 20 metros (L Leger).(2)

Etapas	Velocidad (km/h)	Tiempo acumulado (min)	Tiempo por cada 20m	Cantidad de sonidos	Distancia acumulada (m)
1	8.5	1	8.47	7	140
2	9.0	2	8.00	7	280
3	9.5	3	7.58	8	440
4	10.0	4	7.20	8	600
5	10.5	5	6.86	8	760
6	11.0	6	6.54	9	940
7	11.5	7	6.26	9	1120
8	12.0	8	6.00	10	1320
9	12.5	9	5.76	10	1520
10	13.0	10	5.54	11	1740
11	13.5	11	5.33	11	1960

12	14.0	12	5.14	11	2180
13	14.5	13	4.96	12	2420
14	15.0	14	4.80	12	2660
15	15.5	15	4.64	13	2920
16	16.0	16	4.50	13	3180
17	16.5	17	4.36	14	3460
18	17.0	18	4.23	14	3740
19	17.5	19	4.11	14	4020
20	18.0	20	4.00	15	4320

TEST DE BALKE DE CARRERA EN PISTA: El objetivo de este test es monitorear aeróbica (VO₂ máx.) de atletas de resistencia y de otras modalidades (rugby, fútbol). Se requiere un pista de 400 metros, cronometro y ayudantes.

De forma similar al test de Cooper se sugiere realizar este test un día con poco viento y se pide a los examinados recorrer la máxima distancia en 15 minutos. Se anotara la distancia recorrida con la mayor precisión posible.

Se emplea la siguiente formula para estimar VO₂ máx.: (extraída de “obsesión for running” de Frank Horwill):

$$VO_2 \text{ máx.} = (((D \div 15) - 133) \times 0.172) \div 33.3$$

Donde: VO₂ máx. En ml/kg/min

Des la distancia en metros.(2).

TEST CARRERA DE 2400 METROS DE GEORGE – FISHER: El objetivo de este test es medir la capacidad aeróbica del sujeto a través de la estimación del VO₂ máx. Su ejecución consiste en colocar al ejecutante en posición de salida alta, y al oír la señal se deberá recorrer una distancia de 2400 metros en el menor tiempo posible.

Una vez concluida el test, se registra la frecuencia cardiaca y el tiempo registrado.

De acuerdo con esto, se ha registrado una ecuación para conocer el máximo consumo de oxígeno de un individuo teniendo en cuenta, además de los datos registrados tras el test, el sexo y peso del participante.

Garth y col (1996), exponen la siguiente ecuación:

$$VO_2 \text{ max} = 100,5 + (8,344 \times S) - (0,1636 \times P_c) - (1,438 \times T) - (0,9128 \times FC).$$

Donde: P_c = peso corporal

S = sexo, 0 mujeres y 1 hombres

T = tiempo de prueba en minutos y valor decimal; FC = frecuencia cardiaca

Por minuto (37).

TEST DE 1500 METROS: Este objetivo tiene como objetivo medir la capacidad aeróbica del individuo. Su ejecución consiste en recorrer una distancia de 1500 metros en el mínimo tiempo posible. Después de finalizar la prueba se anota el tiempo que realizó el individuo la prueba y se registra la frecuencia cardiaca antes y después de terminado el test.

Este test se puede realizar en una pista de atletismo o un terreno liso (36).

TEST DE CARRERAS A DISTANCIAS 2000 Y 1000 METROS: El objetivo de este test es medir la capacidad de resistencia aeróbica del individuo. El tests con consiste en recorrer distancias previstas de (2000 o 1000 mts), en el menor tiempo posible.

Terminada la prueba se registra el tiempo que hizo (minutos y segundos) y la frecuencia cardiaca.

García Manso y col citan dos ecuaciones diseñadas para aproximar el consumo máximo de oxígeno a partir de estas distancias. En este caso, sobre medidas tomadas en millas, pero que se aproximan a las distancias estudiadas.

$VO_2 = 133,61 - (13,89 \times \text{tiempo sobre la milla en minutos})$.

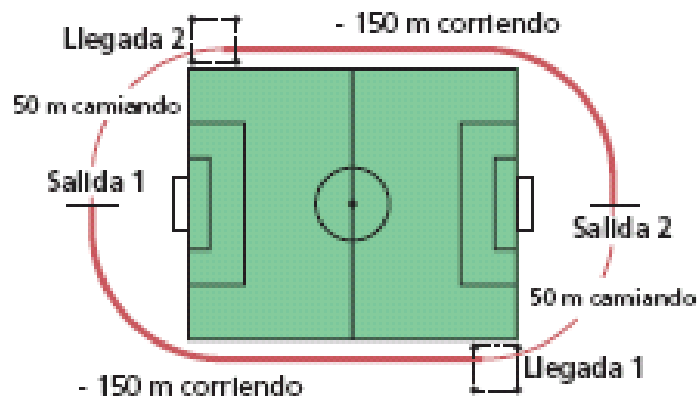
$VO_{2\text{ max}} = 128,81 - (5,95 \times \text{tiempo sobre las dos millas en minutos})$.

Esta prueba puede realizarse en un terreno llano, liso o pista de atletismo. (37).

TEST INTERMITENTE DE LA FIFA PARA ARBITROS DE FÚTBOL

Consiste en realizar 24 alargues (equivale a 12 vueltas) de 150 metros en 30 segundos y con una caminata de recuperación de 50 metros en 40 segundos. El test esta orientado por una cinta de grabación que le indica al árbitro el número de vueltas que lleva, y el tiempo de recorrido, como el tiempo de descanso.

GRAFICA 1: Ilustración de la prueba física aplicada a los árbitros de futbol, tomado circular numero 1013 de 2006 por FIFA



Los árbitros arrancan el recorrido en cualquiera de las dos salidas ubicadas en la pista, si en la llegada durante el alargue ha pasado el tiempo y no llega al sitio correspondiente, el arbitro será amonestado como un llamado de atención que se le hace, y si acumula dos amonestaciones, será sacado de la prueba automáticamente (47).

DISEÑO METODOLOGICO

Para determinar la capacidad aeróbica de los árbitros de la asociación vallecaucana de árbitros de futbol (AVAF), se ha hecho una extensa revisión de test, por lo cual se ha decidido sacar tres protocolos de pruebas que realmente puedan medir esta condición física.

Los tres test que se han seleccionado, son para dejar planteado como propuesta metodológica para una dicha aplicación, fueron escogidos porque son fáciles de ejecutar y han sido de conocimiento para la población objeto, ya que estos tests lo han realizado en diferentes ocasiones y serán los siguientes:

TEST DE PROGRESIVO COURSE NAVATTE DE L. LEGER (TEST MULTIETAPAS O TEST DE SONIDOS):

Es un test colectivo que no requiere un gran espacio para su ejecución. Su metodología consiste en realizar carrera de ida y vuelta entre dos líneas paralelas separadas entre si 20 metros. Para esto puede utilizarse un tabloncillo de baloncesto o de voleibol techados. Los examinados se desplazan simultáneamente siguiendo sonidos que emite una grabación, los cuales indican la partida de cada línea.

Se exige llegar a la línea contraria antes o justo con el siguiente sonido. Cada etapa dura un minuto, la velocidad inicial de desplazamiento es 8.5 km/h; aumentando 0.5 km/h de una carga a otra. El test finaliza cuando los examinados se retrasan 3 veces seguidas a los sonidos.

Material: Grabación de la prueba, cronometro, pista de atletismo o coliseo.

Este test es utilizado en algunos estudios que han demostrado que es una prueba de mucha validez, objetividad y confiabilidad a la hora de medir la capacidad aeróbica en árbitros, este test fue utilizado en un estudio llamado: Análisis de un test más específico para evaluar la capacidad aeróbica del árbitro de fútbol (44).

TEST DE COOPER :

Consiste en cubrir la máxima distancia posible durante doce minutos de carrera continua. Se anotara la distancia recorrida al finalizar los doce minutos.

Cuando finalicen los árbitros la prueba de doce minutos se detendrán y se contarán el metraje realizado.

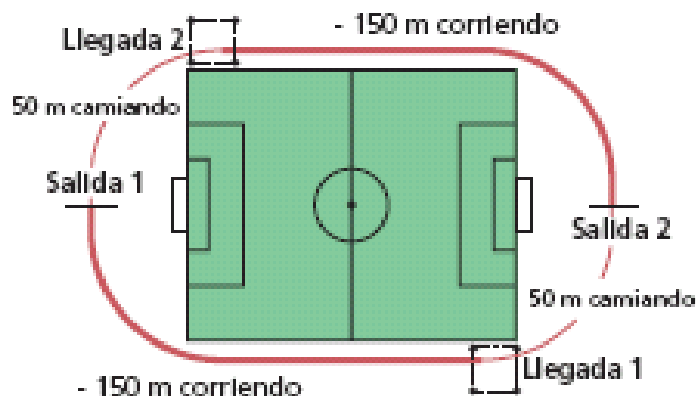
Material: Cronometro, conos para demarcar, decametro y pista de atletismo.

Este test fue utilizado por la FIFA para evaluar a los árbitros de elite tanto internacionales, como a nivel nacional por cada federación de fútbol durante varios años, este test sirvió como prueba física para los árbitros de fútbol y fue hasta el año 2005 su última aplicación.

TEST INTERMITENTE DE LA FIFA PARA ARBITROS DE FÚTBOL

Consiste en realizar 24 alargues (equivale a 12 vueltas) de 150 metros en 30 segundos y con una caminata de recuperación de 50 metros en 40 segundos. El test esta orientado por una cinta de grabación que le indica al árbitro el número de vueltas que lleva, y el tiempo de recorrido, como el tiempo de descanso.

GRAFICA 1: Ilustración de la prueba física aplicada a los árbitros de futbol, tomado circular numero 1013 de 2006 por FIFA



Los árbitros arrancan el recorrido en cualquiera de las dos salidas ubicadas en la pista, si en la llegada durante el alargue ha pasado el tiempo y no llega al sitio correspondiente, el arbitro será amonestado como un llamado de atención que se le hace, y si acumula dos amonestaciones, será sacado de la prueba automáticamente.

Material: Cinta de grabación, Cronometro, silbato (en caso de no tener cinta de grabación), conos para demarcar, pista de atletismo y pulsometros.

Esta test es el test utilizado por la FIFA en la actualidad para evaluar al árbitro de fútbol.

Población: Árbitros de la Asociación Vallecaucana de Árbitros de Futbol.

Muestra: Árbitros escalafonados de la "A", "B" y "C".

VARIABLE

Para la realización de este trabajo de grado se enmarca la utilización de un aspecto y cualidad física, como la capacidad aeróbica. Aquí se centrara en poder dejar una propuesta metodológica que sirva para evaluar y conocer como es esa capacidad aeróbica dentro de los árbitros del valle del cauca, realizándolo mediante la aplicación de unos tests que determina esa condición y nivel en que se encuentran los evaluados.

Para la selección del los test, se dejaron tres pruebas que su principal función es conocer la capacidad aeróbica en primera instancia, segundo porque es de fácil aplicación y tercero porque los recursos que se necesitan son de una mayor accesibilidad para el evaluador.

De acuerdo con esto también se dejan a criterio del evaluador y a las posibilidades que tenga así mismo para aplicar dichos tests, cual de las tres pruebas le queda mejor aplicar según su posibilidad económica y de recursos.

Con esto se podrá determinar como están preparados nuestros árbitros vallecaucanos, y poder establecer diferencias que permitan ver en que calificación se encuentran nuestros árbitros, de acuerdo a parámetros establecidos que están señalados para esta cualidad física.

Por eso la variable fundamental a evaluar es la capacidad aeróbica del árbitro escalafonado de la asociación vallecaucana de árbitros de fútbol. Y así poder conocer de antemano la realidad que vive respecto a la preparación física y en que condición se encuentran nuestros árbitros de fútbol.

POBLACION

El arbitraje profesional esta encaminado en dos especialidades, uno ser arbitro central (o también llamado arbitro principal), y los árbitros asistentes (llamado árbitro de línea). En este orden la federación colombiana de fútbol, quien es el ente encargado de regir a los árbitros, mediante la comisión nacional arbitral son los encargados de determinar esa especialidad de cada árbitro.

Por eso han dispuesto una distribución del arbitraje por categorías y se dividen de la siguiente manera:

- Árbitros FIFA: Son árbitros que dirigen partidos a nivel internacional, bajo el auspicio del la FIFA y partidos del futbol profesional colombiano.
- Árbitros de la categoría “A”: Son aquellos árbitros que dirigen dentro del torneo profesional colombiano.
- Árbitros de la categoría “B”: so aquellos árbitros que dirigen el torneo de ascenso del futbol colombiano.
- Árbitros de la categoría “C”: Son aquellos árbitros encargados de dirigir torneos de la categoría “C”, campeonatos juveniles nacionales, y torneos interligas nacional.

En la asociación vallecaucana de árbitros de futbol, los árbitros están distribuidos de la siguiente manera:

- 3 árbitros internacionales FIFA
- 2 árbitros de la categoría “A”.
- 10 árbitros de la categoría “B”.
- 42 árbitros de la categoría “C”.

Por lo tanto para la realización de esta investigación se escogerá a los árbitros escalafonados de manera aleatoria, que permitirá conocer como están y en que

estado de capacidad aeróbica se encuentran estos árbitros en relación con la preparación física y respecto a los torneos que tienen que enfrentar.

CONCLUSIONES

La capacidad aeróbica es una de las condiciones físicas mas utilizadas a la hora de las investigaciones que se realizan, ya que es una cualidad predominante en el fútbol.

El arbitraje en el futbol no ha sido la excepción en este tipo de investigaciones en relación a otras disciplinas deportivas, el árbitro de fútbol ha sido objeto de investigación de diferentes formas en cuanto la condición física se refiere. Pero realmente lo importante es poder analizar diferentes variables en especial la capacidad aeróbica del árbitro de fútbol de la asociación vallecaucana de árbitros de fútbol (AVAF), y este caso será poder dejar planteado una propuesta metodológica que analice mediante la aplicación de unos tests físicos como se encuentran los colegiados de nuestro departamento del valle del cauca respecto a esta Cualidad física.

Este trabajo deja planteados tres tests físicos adecuados para medir la capacidad aeróbica, teniendo en cuenta el grado de ayudas que tengan para su ejecución , y para eso se seleccionaron estos tests ,para que los árbitros de la asociación vallecaucana de árbitros de fútbol los realicen, pudiendo sacar de estas evaluaciones un buen análisis en materia de condición física y que pueda ser algo novedoso en este tipo de investigaciones que no se han realizado en nuestro país con este tipo de población.

RECOMENDACIONES

- Realizar control y evaluación de la capacidad aeróbica de los árbitros, de manera periódica por año para tener una base de datos actualizados sobre estos.
- Seguir el protocolo recomendado en la aplicación de los test, para cumplir con el requisito de confiabilidad, validez y objetividad.
- El certificado de salud y el consentimiento informado debe ser tenido en cuenta.
- La aplicación de las pruebas debe ser totalmente acordado con la Asociación vallecaucana de Árbitros de fútbol.

BIBLIOGRAFIA

1. ALLMER Henning. Entrenamiento Deportivo, Tomo 7. Cali: xyz, 1981. Página 223-242.
2. ALBA Antonio Luis. Test Funcionales: Cineantropometria y Prescripción del Ejercicio, Segunda Edición. Armenia: Kinesis, 2005. Paginas 19-47. ISBN 958-94-0199-6.
3. ARAGON Luis Fernando. Fisiología del Ejercicio: respuestas, entrenamiento y medición, Primera Edición. San José: de la Universidad de Costa Rica, 1995. Páginas 104-105. ISBN 9977-67-274-1.
4. ARASA GIL Manuel. Manual de nutrición deportiva, Primera Edición. Badalona: Paidotribo, 2005. Pagina 130. ISBN 84-8019-859-1.
5. BILLAT Veronique. Fisiología y Metodología del Entrenamiento, Primera Edición. Badalona: Paidotribo, 2002. Páginas 143-144. ISBN 84-8019-627-0.
6. BARBANY J.R. Fisiología del ejercicio físico y el entrenamiento, Primera Edición. Barcelona: Paidotribo, 2002. Paginas 66-68. ISBN 84-8019-589-4.
7. BOUCHARD Claude. Determinantes genéticos del rendimiento de resistencia, en ASTRAND Per – lof, SHEPAHARD Roj- j , La resistencia en el deporte, Segunda edición. Barcelona: Paidotribo, 2000. Páginas 159-163. ISBN 84-8019-264-X.
8. BRAUN Harold, CALDERON G Alberto, GROSSER Manfred. Teoría y práctica de los tests deportivos motores, Tomo 6. Cali: Editorial XYZ, 1980. Paginas 15,16,21,22.,28,27.
9. CRUZ CERON Jaime. Fundamentos de fisiología humana y del deporte. Armenia: Kinesis, 2008. Pagina 210. ISBN 958-82 69-12-1.
10. DOUGHERTY N.J. Educación física y deporte. Barcelona: Reverte, 1985. Paginas 28-29. ISBN 84-291-5520.

11. DUARTE MFS, DUARTE C R. *Validade do teste aerobico de corrida de vai-e-vem de metros*. <http://www.portalsaudebrasil.com/artigospsb/aval059.pdf> (consulta 9/11/2010).
12. ELIZONDO Luz Leticia. Principios básicas de salud, Primera Parte, México D.F: Limusa S.A, 2005. Pagina 21. ISBN 968-18-6122-1.
13. FARINATT P.T.V, MONTEIRO W.O. fisiología e avaliacao funcional, Rio de Janeiro: Sprint, 1992.
14. FETZ Friedrich, KORNEI Elmar. Tests deportivos motores, Primera edición. Buenos Aires: Editorial Kapelusz S.A, 1976. Paginas 11-12.
15. GARCIA VERDUGO Mariano. Entrenamiento de la resistencia de los corredores de medio fondo y fondo. Madrid: Editorial Gymnos, 1977. Páginas 55-56. ISBN 84-8013-112-8.
16. GARCIA VERDUGO Mariano. Resistencia y entrenamiento, una metodología practica, Primera edición. Barcelona: Editorial Paidotribo, 2007. Páginas 223-224. ISBN 978-84-8019-909-4.
17. GEORGE James D, FISHER Garth A, VEHR Pat R. test y pruebas físicas, Tercera Edición. Barcelona: Paidotribo, 2001. Paginas 100-102. ISBN 84-8019-269-0.
18. GERBEAUX Michael, BERTHOIN Serge, Aptitud y entrenamiento aerobico en la infancia y adolescencia. Barcelona : INDE publicaciones, 2004. Paginas 26-29. ISBN 84-95114-63-1.
19. GLEDHILL Norman. Hemoglobina, volemia y resistencia, en ASTRAND Per – Iof, SHEPAHARD Roj- j, La resistencia en el deporte, Segunda edición. Barcelona: Paidotribo, 2000. Páginas 221-222. ISBN 84-8019-264-X.
20. GLOBER Bob, GLOVER FLORENCE Shelly-Lynn. Manual del corredor de competición, Primera Edición. Badalona: Paidotribo, 2005. Paginas 20-21. ISBN 84-8019-756-0.

21. GROSSER Manfred, BRUGGEMANN Peter, ZINTL Fritz. Alto rendimiento deportivo, planificación y desarrollo. Barcelona : Martinez Roca S.A, 1989. Pagina122. ISBN 84-270-1353-1.
22. GROSSER Manfred, STARISCHKA Stephan. Test de la condición física. Barcelona: Ediciones Martinez Roca S.A, 1988. Pagina 14. ISBN 84-270-1253-5
23. HARRE Dietrich. Teoría del entrenamiento deportivo. Buenos aires: Stadium S.R.L. Paginas 150-152. ISBN 950-531-095-1.
24. HUTTER BECKER A, SCHEWE, HEIPERTZ W. Fisiología y teoría del entrenamiento, Primera Edición. Badalona: Paidotribo, 2006. paginas 261-262. ISBN 84-8019-663-7.
25. KISNER Carolyn, COLBY ALLEN Lynn. Ejercicio terapéutico: fundamentos y técnicas, Primera Edición. Barcelona: Paidotribo, 2005. Paginas 29-30. ISBN 84-8019-788-9.
26. LEGER, MERCIER, GADOVRY. The multistage 20 meter shuttle run test aerobic fitness, Journal of sport Sciences 6:93 -101, 1988.
27. LOPEZ CHICHARRO José, FERNANDEZ Almudma. Fisiología del ejercicio, Tercera Edición. Madrid: Editorial Medica Panamericana S.A, 2006. Páginas 409-413. ISBN 84-7903-983-3.
28. LOPATEGUI CORSINO Edgar. Conceptos básicos de aptitud física. <http://www.saludmed.com/salud/aptfisica/cb-aptf1.html> (consulta 9/11/2010).
29. MALLO J. Análisis del rendimiento físico de los árbitros y árbitros asistentes durante la competición en el fútbol. [Tesis Doctoral]. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (INEF). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2006.
30. MALLO J, NAVARRO E. Análisis biomecánico aplicado a la evaluación del rendimiento técnico de los árbitros y árbitros asistentes de fútbol. Kronos 2009; 8(14):123-130.

31. MALLO J, GARCIA-ARANDA JM, NAVARRO E: Análisis del rendimiento físico de los árbitros de fútbol durante partidos de competición oficial. *Motricidad: European Journal of Human Movement*, 2006; 17, 25-40.
32. MALLO J, GARCIA-ARANDA JM, NAVARRO E: Relación entre las pruebas físicas y el rendimiento físico en la competición de los árbitros y árbitros asistentes de fútbol. *Revista de Entrenamiento Deportivo* 2007; (21): 25-30.
33. MALLO J, GARCIA-ARANDA JM, NAVARRO E. Rendimiento físico del arbitraje del fútbol en función del nivel de la competición. *Arch Med Dep* 2009;26(133):335-344.
34. MARTIN E David, COE Peter. Entrenamiento para corredores de fondo y medio fondo, Tercera edición. Barcelona: Editorial Paidotribo. Paginas 91-93. ISBN 84-8019-119-8.
35. MARTINEZ Elkin. La capacidad aeróbica. <http://Aprendeonline.udea.edu.co/revista/index.php/educacionfisicaydeporte/articulo/view/4681/4114>. (consulta en 12/11/2010)
36. MARTINEZ Pablo. Desarrollo de la resistencia en el niño, Primera Edición. España: INDE Publicaciones, 1996. Pagina 21. ISBN 84-87330-55-X.
37. MARTINEZ LOPEZ Emilio. Pruebas de actitud física, Primera Edición. Barcelona: Paidotribo, 2002. Páginas 38,42,43,93,95,96,98. ISBN 84-8019-641-6.
38. MOREHOUSE Laurence E, MILLER Augustus. Fisiología del ejercicio, Octava Edición. Buenos aires: "El ateneo" Pedro García S.A, 1976. Páginas 110-111.
39. MCARDLE William, KATCH Fran, KATCH Victor. Fundamentos de fisiología del ejercicio, Segunda Edición. Madrid: Mc Graw Hill/interamericana de España S.A, 2004. Páginas 200-204. ISBN 84-486-0598-5.
40. OJEDA GIL José A. Valoración de la incapacidad laboral. España: Ediciones Díaz de santos, 2005. Pagina 71. ISBN 84-7978-711-2.

41. OBRADOR Enric Ma Sebastiani i, GONZALEZ BARRAGAN Carlos A. Cualidades Físicas, Primera Edición. Barcelona : INDE Publicaciones, 2000. Pagina 19. ISBN 84-95114-05-4.
42. SANCHEZ Sous, RUIZ CABALLERO J.A, BRITO OJEDA M.E. Valores ergoespiometricos en árbitros de futbol de canarias. Revista internacional de medicina y ciencias de la actividad física y el deporte vol10 (39) pp. 428-438. [http://: cdeporte.rediris.es/revista/revista39/artvalores172.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista39/artvalores172.htm) (consultado 26/09/2010).
43. ASTRAND Per- Lof, SHEPHARD Roy j. La resistencia en el deporte, Segunda edición. Barcelona: Paidotribo, 2000. Paginas 666 .ISBN 84-8019-264-X.
44. SILVA Inacio Alberto, ROMERO Edgardo, FERNANDEZ Ricardo, MENSLIN Rui. Análisis de un test mas especifico para evaluar la capacidad aeróbica del arbitro de futbol. Revista digital educación física y deportes. [http://: www.efedeportes.com/efd65/arbitro.htm](http://www.efedeportes.com/efd65/arbitro.htm) (consulta en 22/09/2010).
45. TITTEL Kurt, WUTSCHERK Heinz, Fundamentos anatómicos y antropométricos de la resistencia, en ASTRAND Per- Lof, SHEPHARD Roy j, La resistencia en el deporte, Segunda edición. Barcelona: Paidotribo, 2000. Paginas 37-39. ISBN 84-8019-264-X.
46. VIRU Atke, VIRU Mohis. Análisis y control del rendimiento, Primera Edición. Barcelona: Paidotribo, 2001. Páginas 150-151. ISBN 84-8019-718-8.
47. Tomado de árbitros de fútbol. Protocolo de pruebas físicas para árbitros de fútbol (consulta 02/07/2013). Disponible en internet: www.arbitrosdefutbol.com.ar/circular-1013-FIFA.doc.