

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO.
FACULTAD DE MEDICINA.
COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS AVANZADOS.
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS AVANZADOS.
COORDINACIÓN DE LA ESPECIALIDAD DE MEDICINA
DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE.
DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN PROFESIONAL.**



**“DOBLE PRODUCTO CARDIACO EN BOXEADORES PROFESIONALES
Y AMATEURS, DURANTE LA PRUEBA DE ESFUERZO CON
PROTOCOLO DE PUGH, EN TOLUCA, MÉXICO 2013”.**

CENTRO DE MEDICINA DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE.

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE POSGRADO EN LA ESPECIALIDAD
DE MEDICINA DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE.**

PRESENTA:

M.C. ELIZABETH BLANCA ALICIA TUDELA HERNÁNDEZ

DIRECTOR:

M. en S.P. SALVADOR LÓPEZ RODRÍGUEZ

REVISORES:

**E.M.D. HECTOR MANUEL TLATO RAMÍREZ
E.M.D. JOSÉ ANTONIO AGUILAR BECERRIL
E.M.D. HERNÁN GUSTAVO LUNA BLAS
E.M.D. SALOMÓN SÁNCHEZ GÓMEZ**

TOLUCA ESTADO DE MÉXICO, ENERO 2014.

TÍTULO

**DOBLE PRODUCTO CARDIACO, EN BOXEADORES PROFESIONALES
Y AMATEURS, DURANTE LA PRUEBA DE ESFUERZO CON
PROTOCOLO DE PUGH, EN TOLUCA, MÉXICO 2013.**

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	
II.	MARCO TEÓRICO	1
	2.1 ANTECEDENTES	1
	2.2 ACTIVIDAD FÍSICA, EJERCICIO Y BOXEO	3
	2.3 PRESIÓN ARTERIAL SISTÉMICA	10
	2.4 FRECUENCIA CARDIACA	15
	2.5 RESPUESTA CARDIOVASCULAR AL EJERCICIO	17
	2.6 SISTEMAS ENERGÉTICOS PARA EL EJERCICIO	24
	2.7 DOBLE PRODUCTO	31
	2.8 PRUEBA DE ESFUERZO	36
III.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	39
IV.	JUSTIFICACIONES	40
V.	HIPOTESIS	41
VI.	OBJETIVOS	42
VII.	MATERIAL Y MÉTODOS	43
	7.1 TIPO DE ESTUDIO	43
	7.2 LÍMITE DE ESPACIO	43
	7.3 LÍMITE DE TIEMPO	43
	7.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	43
	7.5 UNIVERSO DE TRABAJO	44
	7.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	45
	7.7 DISEÑO DEL ESTUDIO	45
	7.8 CONSIDERACIONES ÉTICAS	48
VIII.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	49
IX.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	50
X.	DISCUSIÓN	57
XI.	CONCLUSIONES	58
XII.	SUGERENCIAS	60
XIII.	BIBLIOGRAFÍA	61
XIV.	ANEXOS	64

RESUMEN

TÍTULO: Doble producto cardiaco, en boxeadores profesionales y amateurs, durante la prueba de esfuerzo con protocolo de Pugh, en Toluca, México 2013.

OBJETIVO: Determinar el doble producto cardiaco en boxeadores profesionales y amateurs, durante la prueba de esfuerzo con protocolo de Pugh, en Toluca, México 2013.

MATERIAL Y METODOS: Se trató de un estudio descriptivo, transversal y observacional, donde se estudiaron 30 boxeadores profesionales y amateurs de Toluca, que se sometieron a prueba de esfuerzo, con el protocolo de Pugh, con control electrocardiográfico y hemodinámico. Se analizó el doble producto cardiaco de esfuerzo.

RESULTADOS: Durante la prueba de esfuerzo los evaluados rebasaron los 27 000 de doble producto. El mejor grupo fue el de 15-24 años con un doble producto cardiaco máximo de 28,074. Predominancia del grupo amateur con 28,428 de doble producto, y del sexo masculino con 27,808. El mejor doble producto se encontró en el peso minimosca 30,308. Lo que nos indica que lo que determina la cantidad del doble producto cardiaco máximo de esfuerzo es la calidad del entrenamiento deportivo.

ABSTRACT

TITLE: Double heart product in professional and amateur boxers during the stress test protocol Pugh, in Toluca, Mexico 2013.

OBJECTIVE: To determine cardiac double product professional and amateur boxers during the stress test protocol Pugh, in Toluca, Mexico 2013.

MATERIAL AND METHODS: This was a descriptive, cross-sectional and observational, which studied 30 professional and amateur boxers Toluca, who underwent exercise testing with protocol Pugh, electrocardiographic and hemodynamic control. Double product was analyzed cardiac effort.

RESULTS: During the stress test the evaluated exceeded the 27 000 dual product. The best age group was 15-24 years with a maximum heart rate-pressure product of 28,074. Predominance amateur group double product 28,428 and 27,808 were males. The best double product was found in the 30,308 flyweight. What that tells us that what determines the amount of the maximum heart rate-pressure product of effort is the quality of sports training.

I. INTRODUCCIÓN

Desde la prehistoria, el hombre ha tenido la necesidad del movimiento y de poder mantenerse en forma. Por este motivo ha empleado el ejercicio físico para lograrlo.

Tanto el deporte como la actividad física, contribuyen para la formación y aproximación de los seres humanos al reforzar el desarrollo de los valores. Son el medio eficaz para la convivencia humana y se los considera como fenómenos socioculturales.

Galeno fue el primero en proponer ejercicios para cada parte del cuerpo y el primero en utilizar el pulso como medio de detectar los efectos del ejercicio físico.

La realización de ejercicio físico es uno de los fenómenos sociales más representativos de las últimas décadas. El deporte competitivo y con frecuencia el recreacional, suponen un afán por mejorar y optimizar el rendimiento físico.

El ejercicio regular mejora la eficiencia metabólica de la musculatura en activo y produce una serie de adaptaciones a nivel central y periférico que origina modificaciones cardiacas, respiratorias y metabólicas.¹

Así de esta forma, la medicina en el deporte ha tomado un papel fundamental en la aplicación de reconocimientos médicos sistematizados y protocolizados a los deportistas que supone un beneficio para su salud, ya que ha permitido. Detectar patologías que se hayan escapado en los exámenes periódicos efectuados o que simplemente no se hayan buscado.

El reconocimiento de los efectos beneficiosos del ejercicio regular sobre el organismo, en especial sobre el aparato cardiovascular, ha

motivado numerosas investigaciones sobre la fisiología del sistema cardiovascular y su adaptación al entrenamiento.

Un parámetro a valorar durante el ejercicio es el doble producto cardiaco (tensión arterial sistólica máxima x frecuencia cardiaca máxima), que expresa el consumo miocárdico de oxígeno, es decir, el gasto energético que le supone al corazón un ejercicio físico a una determinada intensidad.

El doble producto cardiaco, es un parámetro muy valioso que permite conocer el grado de intensidad de trabajo que el corazón realiza durante un esfuerzo dado. Determinarlo permitirá saber si el corazón está realizando una carga de trabajo proporcional al ejercicio físico o bien un sobreesfuerzo, y por lo tanto, que pueda ser dañino. Ello indicará las condiciones de trabajo físico en que se encuentra el sistema cardiovascular.

El presente estudio analizó la respuesta cardiovascular en boxeadores profesionales y no profesionales de la ciudad de Toluca, Estado de México a través del doble producto cardiaco y el comportamiento que se presentó en relación al grupo de edad de los atletas, al peso, al nivel, tiempo de entrenamiento, al sexo y valora la etapa a la que llegó el atleta en el protocolo de Pugh, lo que nos permitió conocer si la respuesta que presentaron fue adecuada o no, encaminándonos a tomar medidas pertinentes en cada uno de los atletas que coadyuven a mejorar su rendimiento deportivo o bien, en su caso, la contraindicación del mismo, del estudio de un deporte con alta demanda cardiovascular y por qué no, el inicio de baremos útiles en boxeo.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

La prueba de esfuerzo constituye una exploración esencial para la valoración funcional tanto en cardiología clínica como en medicina deportiva, pudiéndose analizar en ella la respuesta del organismo durante el esfuerzo y en particular el comportamiento del aparato cardiovascular al ejercicio.¹

Siendo un instrumento de evaluación para conocer la capacidad física, la prueba de esfuerzo es utilizada rutinariamente por el especialista en Medicina del Deporte, para analizar la respuesta electrocardiográfica y hemodinámica de esfuerzo.

Bajo un protocolo habitual para la valoración de la capacidad funcional aeróbica máxima, o bien un protocolo de los que se utilizan convencionalmente en clínica cardiológica, como puede ser el de Pugh.

La banda sin fin apareció como elemento de trabajo en un laboratorio de fisiología en 1924.

En 1929 Master y Oppenheimer desarrollaron un protocolo de esfuerzo estándar para valorar la capacidad funcional y la respuesta hemodinámica.

Robenson utilizó la banda sin fin para estudios ergométricos en el humano y en 1938 publicó su trabajo postulando la adaptación física de acuerdo con la edad, usando una carga de esfuerzo simple.



Misal en 1938, estudió a individuos sanos, pidiéndoles que subieran corriendo tramos de escaleras de 3 y 6 metros con la finalidad de valorar la tolerancia al ejercicio.²

En 1960 la publicación de Astrand tuvo relación directa con sus experiencias sobre la capacidad aeróbica tanto en hombres como en mujeres considerando sus edades.

En 1963 Bruce estableció un esquema de trabajo de cargas progresivas con velocidad y pendiente variables.

Lamb y Fascenetly continuaron los trabajos iniciados por Balke y redefinieron los métodos necesarios para monitorizar con exactitud múltiples variables durante el ejercicio.

En épocas recientes en 1991 Londa S. reporta sus investigaciones sobre los efectos a corto plazo del ejercicio dinámico en la presión arterial y en 1995 Abe K. hace un reporte sobre la utilidad de la presión sistólica postejercicio para la detección de alteraciones cardiovasculares, y Arbielle sobre la tolerancia al ejercicio, en base a las modificaciones hemodinámicas, similares a las realizadas por Baum.

Con ayuda de la prueba de esfuerzo puede determinarse el esfuerzo, límite cardiaco y físico y la dosificación de ejercicio.²

Todas las modificaciones funcionales, pueden enmarcarse en:

1. Fisiología cardiovascular durante el ejercicio.
2. Estudio del estado funcional del aparato cardiovascular durante el esfuerzo.
3. Prueba de esfuerzo.

A pesar de todos los estudios que se han realizado a través del tiempo en pruebas de esfuerzo, y de la popularidad del boxeo como deporte a nivel mundial, no existe un extenso trabajo de revisión



sobre la capacidad aeróbica de los boxeadores o las exigencias metabólicas o estándares para el deporte.

2.2 ACTIVIDAD FÍSICA, EJERCICIO Y BOXEO

La actividad física comprende un conjunto de movimientos del cuerpo obteniendo como resultado un gasto de energía mayor a la tasa de metabolismo basal.

El ejercicio físico es un conjunto de acciones motoras musculares y esqueléticas. Comúnmente se refiere a cualquier actividad física que mejora y mantiene la aptitud física, la salud y el bienestar de la persona. Se lleva a cabo por diferentes razones como el fortalecimiento muscular, mejora del sistema cardiovascular, desarrollo de habilidades atléticas, deporte, pérdida de grasa o mantenimiento, así como actividad recreativa.

Acondicionamiento físico es el desarrollo de la suma de capacidades condicionales (flexibilidad, fuerza, resistencia y velocidad), coordinativas (equilibrio, coordinación, reacción, diferenciación, ritmo y orientación en el espacio) y resultantes (agilidad y potencia).³

Deporte es toda aquella actividad física que involucra una serie de reglas o normas a desempeñar dentro de un espacio o área determinada, a menudo asociada a la competitividad deportiva. Por lo general se encuentra institucionalizado, requiere competición con uno mismo o con los demás.

El ejercicio se distingue en: aeróbico y anaeróbico de acuerdo al tipo de metabolismo muscular (de sustrato) requerido para su realización



en isométrico o isotónico según las características del esfuerzo contráctil.³

El ejercicio físico resulta en una variedad de respuestas fisiológicas, metabólicas y hormonales, que dependen del tipo, la intensidad y la duración del esfuerzo realizado, así como del nivel de acondicionamiento físico individual, edad, género y estado nutricional del individuo.

El ejercicio crónico (a largo plazo) muestra adaptaciones de mayor magnitud, dando como consecuencia un incremento en la capacidad funcional y el nivel de acondicionamiento mejorando la habilidad del organismo para responder eficientemente al ejercicio agudo subsiguiente.

Durante la actividad muscular, el corazón y el aparato cardiovascular se someten a cambios de adaptación importantes. En esencia existen dos tipos de actividad muscular: dinámica y estática.

La actividad muscular dinámica es aquella en la que la contracción de los músculos esqueléticos causa cambios principalmente en su longitud, con poco cambio en su tensión, denominándose por lo tanto ejercicio dinámico o isotónico. Intervienen amplios grupos musculares y se realiza ejercicio de forma prolongada y repetitivamente, y la producción de energía depende del aporte de O₂ a los músculos, lo que permitirá la combustión del glucógeno, de los hidratos de carbono y de las grasas.

En la actividad muscular estática se provocan cambios en la tensión y mínimos en la longitud del musculo, este es el ejercicio isométrico o estático, el cual tiene tendencia a la producción de hipertrofia muscular. A diferencia del deporte dinámico, la masa muscular está sometida a un trabajo intenso, durante cortos y repetidos espacios de tiempo, se realizan en apnea, se denominan también



anaeróbicos, porque su metabolismo no necesita el O₂. La producción de energía dependerá de las reservas de ATP y de fosfocreatina, con la formación de ácido láctico.

Encontrar ejercicios en la forma pura es difícil, la mayoría se encuentra con ambos tipos de actividad muscular con predominio de uno u otro, la mayoría son mixtos, por lo que es difícil la denominación de deportes únicamente dinámicos - aeróbicos o estáticos - anaeróbicos, lo correcto es mencionar el predominante dependiendo de la actividad mecánica y del porcentaje de energía obtenida por vía metabólica, respectivamente.

Mediante el esfuerzo físico de tipo dinámico (ergómetros y bandas sin fin) se utiliza un gran grupo de masas musculares, propiciando una demanda de oxígeno por aumentar las necesidades metabólicas a consecuencia de la contracción muscular, propiciando aumento del retorno venoso sistémico y un incremento en la frecuencia cardíaca, así como en el gasto por latido, con pocos cambios en la presión arterial media.

Durante un esfuerzo físico de tipo estático, solo se contraen en forma sostenida pequeñas masas musculares, y se produce un importante aumento de la presión arterial media a expensas de la diastólica, discreto cambio en la presión sistólica y mínimo cambio en el volumen latido y en la frecuencia cardíaca.

Boxeo

El boxeo (del inglés boxing) también conocido como boxeo inglés o irlandés, coloquialmente como box o pugilismo, es un deporte de combate en el que dos atletas sobre un cuadrilátero (diseñado específicamente para este fin) se golpean de la cintura para arriba en breves periodos de tiempo denominados rounds o asaltos con la



utilización de guantes especiales, con regulación de tiempo y categorías de pesos.

Es uno de los deportes más antiguos del mundo conocido incluso como espectáculo para la nobleza. Su origen se remonta al año 6000 a.C. en Etiopía, donde se difundió la antigua civilización egipcia y mesopotámica, los primeros boxeadores en Egipto utilizaban una especie de guante que les cubría el puño hasta el codo. Las siguientes referencias se encuentran en la obra La Ilíada de Homero en el siglo VIII a.C. ⁴

En el año 668 a.C. el boxeo fue incluido en los XXIII Juegos Olímpicos de la Antigüedad, con el nombre de *pygme* o *pygmachia* (en griego pelea de puños), los entrenamientos en Grecia se realizaban con sacos de arena y correas de cuero amarradas en las manos y las muñecas, en ocasiones en antebrazos, permitiendo que los dedos permanecieran libres.

Finalmente en el siglo IV las correas de cuero (*himantes*) se transformaron en guantes u *oxeis himantes*. Posterior a esta etapa durante el cristianismo, fue prácticamente eliminado, persistiendo en Asia conociéndose como *muay-boran* o boxeo ancestral.

Durante el siglo V en Asia inicia el boxeo Shaolin o boxeo chino (Shao-Lin-Chuan), denominado de esta forma por su aparición en el monasterio Shaolin, creado durante la dinastía Ming por Chueh-Yuan, Pai-Yu y Li-Ching, este tipo de boxeo tenía la finalidad del control del *qui-o-chi* o energía interna atribuible a todos los seres vivos. ⁴

En el siglo XIII aparece el *muay thay* o boxeo tailandés en Siam que se convirtió en deporte hasta el siglo XVII, coincidiendo con la expansión británica en Asia, el boxeo ingresa a Inglaterra y Francia recibiendo el nombre de *boxing*, boxeo o *savate*.



En el siglo XVIII el boxeo inicia su difusión en Inglaterra y en sus colonias, los combates se realizaron sin guantes, “a puño limpio” y sin límite de tiempo, realizados en círculos (ring) conformados por los espectadores, donde se realizaban apuestas, y espectáculos violentos que concluían en muchas ocasiones en participantes lesionados o muertos.

En 1743 Jack Broughton en el anfiteatro de Tottenham Court Road, Inglaterra dio a conocer las primeras reglas del boxeo logrando el nombre del “padre del boxeo inglés”. Las reglas de Broughton, se fundamentaban en 7 reglas obligatorias que incluía retirarse a su propio lado del ring ante la caída del oponente, la cuenta del medio minuto luego de una caída para ubicarse en el centro del ring y recomenzar el combate, que sólo los púgiles y sus segundos podían subir al ring, ser considerado “hombre vencido”, la privación de arreglos privados entre competidores, la elección de umpires para resolver disputas entre boxeadores y la prohibición de golpear al adversario cuando se encuentre caído y solo por encima de la cintura. Además del establecimiento de las reglas creo los cuadriláteros elevados y el uso de guantes en los entrenamientos y las demostraciones.

En 1838 la Asociación Británica para la protección de Púgiles estableció las nuevas reglas para el boxeo, integradas por 23 reglas, estableciendo estándares para la construcción de rings, la función de asistentes para los púgiles, los referees, la reglamentación de los 30 segundos con un púgil caído, los golpes prohibidos debajo de la cintura, aveza, patear y arañar. Usualmente existía sólo una categoría o peso.

En 1867 se establecieron por primera vez tres categorías según el peso de los púgiles, peso ligero, mediano y pesado. Y en ese mismo año el Marqués de Queensberry estableció 12 reglas que serían conocidas como las Reglas de Queensberry que originarían el



boxeo moderno. En ellas se establecía la utilización de guantes, la duración de 3 minutos de los rounds, el minuto de descanso entre ellos y los 10 segundos de conteo para el boxeador caído, además de la prohibición de tomar, empujar o abrazar al contrincante. Después de estas reglas surgieron 2 ramas del boxeo, el profesional y el aficionado. ⁴

En 1904 en los Juegos Olímpicos de San Luis en Estados Unidos, se incluyó por primera vez al boxeo como deporte olímpico con 7 categorías de peso: peso pesado, mediano, welter, ligero, pluma, gallo y mosca.

En las peleas olímpicas son limitadas a 3 o 4 asaltos (3 asaltos en eventos nacionales y 4 en Internacionales) con duración de 2 minutos cada uno y con un minuto de recuperación entre ellos, en base a un marcador computado por puntos basados en la cantidad de golpes limpios que hayan aterrizado sin importar el impacto, los peleadores utilizan equipo de protección de cabeza, limitando el número de heridas, derribes y nocauts. ⁵

El boxeo femenino formó parte de los Juegos de Londres oficialmente como deporte en 2012 y en deporte Panamericano en 2011 en Guadalajara. Los competidores utilizan protectores de cabeza y guantes con una franja blanca en los nudillos. Un golpe anotador es considerado solo cuando los boxeadores conectan con la porción blanca, golpes en cabeza o torso ganan un punto. Un golpe debajo del cinturón amerita descalificación. ⁵

Los encuentros profesionales son más largos, con 10 a 12 asaltos y de 4 para peleadores de menos experiencia. En 1982 el Consejo mundial de boxeo tomó la iniciativa de reducir la duración de los rounds para peleas profesionales a 12, después de la muerte del boxeador Duk Koo Kim por daño cerebral en una pelea de 15 rounds. ⁵



En el boxeo profesional no se utiliza el protector de cabeza, se permite mayor castigo para los participantes. Los asaltos tienen una duración de 3 minutos.

En general se puede establecer la duración de los asaltos como sigue: ⁴

- a) Varones senior 3 asaltos de 3 minutos.
- b) Mujeres senior 4 asaltos de 2 minutos.
- c) Varones junior 4 asaltos de 2 minutos.
- d) Mujeres junior 3 asaltos de 2 minutos.
- e) Varones cadetes 3 asaltos de 2 minutos.
- f) Mujeres cadetes 3 asaltos de 1 ½ minutos.
- g) Hombres profesionales hasta 12 asaltos de 3 minutos.
- h) Mujeres profesionales hasta 12 asaltos de 2 minutos.

El atuendo a utilizar está conformado por pieza de protección bucal, calcetas, cinturón de soporte, concha medicinal y bata.

La parte más importante del atuendo son los guantes que tienen el propósito de proteger nudillos, se atan alrededor de las muñecas por la parte interna del antebrazo, debajo de los guantes, se suele colocar una venda que será certificada previo evento pugilístico por los jueces para verificar que no coloca nada en ella.⁴

Los golpes básicos del boxeo son: el jab, el cruzado o cross, el uppercut o gancho, el crochet y el swing o la volea. ⁵

Los profesionales se dividen de acuerdo a categorías según su peso, y son las mismas para los hombres que para las mujeres, con la excepción que para las mujeres no existe el peso crucero y que el límite inferior para la categoría de peso pesado es menor.

PESO	VARONES				MUJERES			
	Senior y Junior		Profesional		Senior y Junior		Profesional	
	Kg	Lb	Kg	Lb	Kg	Lb	Kg	Lb
Mínimo o paja			<47	105			< 47	105
Mínimosca o mosca junior	47	105.82	49	108	46	101.41	49	108
Mosca	51	112.44	50.8	112	48	105.82	50.8	112
Supermosca o gallo o junior	54	119.05	52.2	118	51	112.44	52.2	118
Pluma	57	125.66	57.2	126	54	119.05	57.2	126
Superpluma o ligero junior	60	132.28	59	130	57	125.66	59	130
Ligero			61.2	135			61.2	135
Superligero o weltwer junior	64	141.1	63.5	140	60	132.28	63.5	140
Welter o medio mediano	66.678	147	66.7	147	64	141.1	66.7	147
Superwelter o medio junior	69	154	69.9	154	69.853	154	69.9	154
Mediano	75	165.35	72.6	160	69	152.12	72.6	160
Supermediano	81	178.57	76.2	168	75	165.35	76.2	168
Mediopesado			79.4	175			79.4	175
Crucero			90.72	200				
Pesado	91	200.62	> 90.72	> 200	81	178.57	> 90.72	> 200
Super pesado	Sin límite				Sin límite			

5

2.3 PRESIÓN ARTERIAL SISTÉMICA

El sistema arterial se encuentra constituido por todo el conjunto de arterias y arteriolas, tanto en la circulación sistémica como en la pulmonar.⁶

Las características estructurales de las arterias permiten su adaptación a la presión ventricular. La presión ejercida por el ventrículo izquierdo durante la sístole se transmite a todo el árbol circulatorio prácticamente sin decremento y se denomina presión sistólica o máxima.

Sin embargo durante la diástole, la presión en el árbol circulatorio no desciende a cero, a diferencia de lo que sucede en el ventrículo, si



no que queda en un valor algo superior a la mitad de la presión sistólica, denominándose, presión diastólica o mínima.⁶

La determinación de estos valores es una herramienta esencial del médico, ya que el incremento de los valores por encima de los considerados normales, constituye una de las patologías cardiovasculares más frecuentes, la hipertensión.

La estructura histológica de los vasos explica las características viscoelásticas de la circulación de la sangre por la red de vasos que constituyen tanto el sistema de alta presión como el de baja presión.

7

La capa media está constituida por decenas de láminas elásticas en disposición concéntrica mezcladas con fibras de colágeno y fibras musculares lisas, la proporción de tejido muscular elástico explica la capacidad de mantener la presión constante a lo largo del sistema arterial.

La onda de presión arterial en la circulación mayor tiene una rama ascendente y otra descendente, que presenta una “melladura” denominada incisura dícrota y que corresponde al cierre de la válvula aórtica.

El cenit de la curva representa el valor máximo de presión (presión sistólica), que coincide con el correspondiente al periodo de eyección, mientras que el nadir es el valor mínimo (presión diastólica).

La diferencia entre ambos parámetros se denomina “la presión del pulso”, mientras que el valor medio es la presión media. La presión media se calcula integrando el área de la curva de presión en relación al intervalo de tiempo. La onda del pulso, tiene carácter sinusoidal y puede analizarse mediante el “análisis de Fourier”, que consiste en la descomposición de la onda en múltiples ondas de diferente amplitud, frecuencia y fase.⁸



La aplicación a la ley de Laplace a los vasos sanguíneos, determina que la tensión en la pared es igual a la presión que tiende a distender el vaso multiplicado por el radio del mismo.

Tomando en cuenta que los vasos sanguíneos no son absolutamente elásticos, se forma una distorsión de la onda del pulso, esto es por la presencia de elasticidad-distensibilidad no uniforme.

Mientras la “onda del pulso” en la aorta va a una velocidad de 3-4 m/seg, la velocidad de la sangre oscila de 10 a 15 veces el valor de la primera (0.5 m/seg), la velocidad de la onda del pulso va disminuyendo en las arterias más pequeñas, debido a la menor distensibilidad.

La determinación de la presión arterial se realiza por métodos directos e indirectos. El método directo consiste en introducir un catéter en las arterias conectado a traductores de presión, mecánicos o eléctricos.

El método indirecto consiste en la localización de una arteria periférica, de preferencia la arteria humeral, y mediante un brazalete o manguito, que rodea el brazo se ejerce presión a través de un sistema neumático que introduce aire en el interior del mismo.¹

El brazalete se encuentra conectado a un manómetro que registra la presión. Cuando se hincha el manguito, comprime los tejidos, colapsándose la arteria humeral

Los valores de presión normal registradas son de 120 mmHg para la sistólica y de 80 mmHg para la presión diastólica.

La variabilidad de los valores de presión arterial se determina por los siguientes factores:



1. La edad: aproximadamente los recién nacidos tienen unos valores de presión de 80 y 50 mmHg para los valores máximo y mínimo, alrededor de los 6 años los valores son de 100/55 mmHg, desde la edad adulta hasta la vejez aumentan tanto los valores de presión máxima y mínima, la sistólica alrededor de 1 mmHg/año y la diastólica 0.4 mmHg/año.
2. El sexo: los valores de presión arterial son menores en las mujeres que en los hombres, sin embargo alrededor de los 40 años los valores de presión en la mujer aumentan.
3. La postura: cuando se pasa de la posición de decúbito a de pie, se producen ajustes cardiovasculares a consecuencia de la acción de la gravedad que inciden en los valores de presión. Durante los primeros segundos se produce un descenso de la presión sistólica y diastólica, unos instantes después se recupera la presión, aumentando la diastólica, por incremento de las resistencias periféricas totales y al menos la sistólica por incremento de la frecuencia cardíaca.

Factores que determinan la presión arterial.

De acuerdo a la hemodinámica podemos determinar que existen factores centrales y periféricos que determinan los valores presentes de la presión arterial, y se pueden clasificar en centrales y periféricos.

Los factores centrales se refieren a aquellos dependientes de la actividad de la bomba cardíaca, cuanto mayor es el volumen de eyección, mayor es el volumen de la presión arterial media, lo opuesto sucede cuando el volumen de eyección desciende, sin



embargo, ya que la presión máxima alcanzada en la circulación sistémica depende de la presión ejercida por el ventrículo izquierdo, el incremento de la presión arterial media se debe al aumento de la presión sistólica.⁸

El aumento de la frecuencia cardiaca también incrementa la presión arterial media, también determina el ciclo, el incremento de esta afecta fundamentalmente al tiempo de llenado, por consiguiente, si desciende el volumen de eyección por un incremento de la frecuencia cardiaca, la presión arterial sistólica tendería a disminuir, el menor volumen de sangre en la aorta, condicionaría un descenso de la presión durante la diástole, que es compensado por el aumento de la frecuencia cardiaca, manteniéndose el valor de la diástole.

En cuanto a los valores periféricos depende de la distensibilidad arterial, de las características mecánicas de los vasos arteriales, si el volumen de eyección se incrementa pero las arterias se vuelven más rígidas, se produce un aumento de la presión sistólica, la presión diastólica será más baja, de manera que la presión del pulso aumentara.

El grado de vasoconstricción/vasodilatación de las arteriolas de todos los territorios afectan a los valores de presión arterial, la regulación de la contracción de la musculatura lisa arteriolar se encuentra bajo un doble sistema de control, la autorregulación y la acción del sistema nervioso vegetativo.⁸

El resultado del control es la vasoconstricción-vasodilatación de las arteriolas del organismo en función de las necesidades metabólicas de los tejidos.

A nivel de la presión se produce un incremento de la diastólica cuando predomina la vasoconstricción, al incrementarse las resistencias periféricas totales.



Por el contrario, cuando existe un predominio de la vasodilatación, la presión diastólica tiende a descender, ya que se produce una disminución de las resistencias periféricas totales.

2.4 FRECUENCIA CARDIACA

El miocardio es un tejido que forma la capa media del corazón, y por consiguiente, una “unión de células” con la capacidad de contraerse.

Además posee abundante tejido conectivo, consistente en fibras de colágeno que discurren de forma paralela y alrededor de las células.

Las fibras de colágeno también sirven para unir las células adyacentes, permitiendo así la transmisión de las fuerzas entre ellas e impidiendo una exagerada elongación.⁹

El potencial de acción es de mayor duración que el de la célula muscular esquelética, y el proceso de relajación de igual forma es más complejo y depende de otros factores además de los niveles de calcio, depende de la naturaleza de la carga (el tipo de contracción isométrica o isotónica, afecta el proceso de relajación), concentración de calcio, propiedades de las proteínas contráctiles (fuerza desarrollada, longitud del músculo, hormonas).¹⁰

Además del ATP consumido para la contracción, el proceso de relajación también consume energía, por lo que el miocito cardiaco es un tejido estrictamente aeróbico, significa que la deficiencia de oxígeno impide el proceso de contracción-relajación.⁷

Se denomina precarga al peso necesario para que el músculo papilar alcance la longitud de reposo, equivale a los factores que determinan la presión diastólica final, y la poscarga es el peso contra el cual el músculo papilar actúa cuando es estimulado,



equivale a la presión diastólica aortica en el caso del ventrículo izquierdo. La carga total es la suma de la precarga más la postcarga.

Aplicando la Ley de Laplace, se define a la precarga en el musculo cardiaco intacto como la fuerza por unidad de superficie necesaria para que las cámaras cardiacas se distiendan durante la diástole.

Y para la postcarga o estrés sistólico como la fuerza por unidad de superficie necesaria para que el miocardio se acorte y pueda vencer la resistencia del árbol circulatorio.⁷

La fracción de eyección, es la relación entre el volumen de sangre expulsado en cada latido y el volumen al final de la diástole.

La fracción de eyección se expresa generalmente como porcentaje, es de promedio de un 60% en reposo. Por lo tanto, el 60% de la sangre en los ventrículos al final de una diástole es eyectada con la siguiente contracción y el 40% restante permanece.

El gasto cardiaco es el volumen total de sangre bombeada por los ventrículos por minuto, o simplemente el producto de la frecuencia cardiaca por el volumen sistólico. El volumen sistólico en reposo en posición supina es en promedio de 60 a 80 ml de sangre en la mayoría de los adultos. Con una frecuencia cardiaca en reposo de 80 latidos/minuto el gasto cardiaco oscilara entre 4.8 y 6.4 L/min.¹¹

Regulación de la frecuencia cardiaca.

En cuanto a la regulación de la frecuencia cardiaca, el sistema básico es el Sistema Nervioso Autónomo (SNA) que es involuntario, y se encarga de procesos corporales que no necesita un control consciente para que se produzcan. El SNA tiene un centro de



control cardiovascular situado en el bulbo raquídeo, en el encéfalo y recibe instrucciones de otros centros superiores.

La parte simpática del SNA tiende a influir sobre los procesos que estimulan la frecuencia cardíaca mediante estimulación nerviosa, hasta el nodo sinoauricular, nodo auriculoventricular y miocardio, con la liberación de noradrenalina. Provocando incremento en la velocidad de descarga, mayor entrada de Ca^{2+} y por consecuencia de la contractilidad.

También la parte simpática se encarga de la reducción de la frecuencia cardíaca mediante la inervación vagal, con liberación de acetilcolina.

El SNA se encarga de la estimulación o inhibición de la frecuencia cardíaca de forma rápida, cuando la respuesta requiere poco tiempo, cuando esta debe de ser duradera, estará a cargo de la estimulación hormonal.

Las catecolaminas (adrenalina y noradrenalina) estimulan la frecuencia cardíaca, liberadas en glándulas suprarrenales antes y durante la actividad física, en estrés, excitación, etc. También pueden aumentar la frecuencia cardíaca las hormonas tiroideas.¹²

Otros factores que influyen en la frecuencia cardíaca son la edad, el sexo, condición física, temperatura corporal, etc.

2.5 RESPUESTA CARDIOVASCULAR AL EJERCICIO

El concepto de modificación al ejercicio se denomina a los cambios súbitos y temporales en la función causados por el ejercicio o bien a



los cambios funcionales que ocurren cuando se realiza un ejercicio y que desaparecen rápidamente después de finalizado el mismo.¹³

La adaptación cardiovascular al ejercicio, por el contrario, hace referencia a los cambios morfo-funcionales cardiovasculares crónicos que se producen como consecuencia del entrenamiento físico regular, que se manifiestan principalmente en reposo, aunque también en ejercicio, de forma que la respuesta al ejercicio está condicionada y varía en función del grado de adaptación.

El entrenamiento físico riguroso produce cambios fisiológicos de todo el organismo. Existen respuestas fisiológicas que acompañan al ejercicio agudo y adaptaciones cardiovasculares crónicas que ocurren como resultado del acondicionamiento físico.¹²

La valoración del corazón del deportista siempre fue una especie de competencia científica entre quienes lo consideraban como expresión de una adaptación fisiológica muy eficaz y sana, y quienes lo veían como una enfermedad, o cuando menos en zonas limítrofes de lo patológico.

Las adaptaciones del árbol cardiovascular al entrenamiento físico surgen con el ejercicio isométrico o estático, o, isotónico o dinámico repetitivo y por largo tiempo; o con mayor frecuencia, con una combinación de ambos.

La respuesta cardiovascular al ejercicio será diferente según las características del ejercicio predominantemente realizado, existiendo dos modelos de respuesta: respuesta al ejercicio dinámico, isotónico, aeróbico de larga duración y respuesta al ejercicio estático, isométrico, anaeróbico de corta duración.

Henschen obtuvo los datos por técnicas sencillas de diagnóstico físico. Valoró el tamaño del corazón por medio de percusión cuidadosa en esquiadores antes y después de la carrera.



Llegó a la conclusión de que el agrandamiento del corazón del deportista se debía a dilatación e hipertrofia; en términos actuales, era una hipertrofia excéntrica. Destacó todavía más, que el esquiar ocasiona dilatación del corazón, particularmente en jóvenes, lo que más tarde aumenta el espesor de la pared dilatada cuando el corazón debe realizar más trabajo. Observó asimismo, agrandamiento de todas las porciones del corazón y no solamente de la mitad izquierda. Más tarde advirtió que en campeones había agrandamiento de las dos mitades del corazón y este aumento simétrico constituye una de las diferencias distintivas entre el corazón del deportista y el que se agranda por causas patológicas en las que la cardiomegalia es solamente regional.

Aschoff identificó el agrandamiento del corazón como consecuencia del acondicionamiento físico general y no como parte de un mecanismo de adaptación.

A diferencia de ello, Kirch advirtió que en algunos atletas el corazón tenía el doble del tamaño normal. Con arreglo a dicha interpretación se trataba de corazones sanos que podían disminuir su hipertrofia después de interrumpir el acondicionamiento físico.

Linzbach introdujo el término de hipertrofia armoniosa intentando denotar que la estructura microscópica del músculo con hipertrofia fisiológica era idéntica a la del miocardio normal, pero que su imagen era como mirar "a través de una lupa"; y que el número de fibras del músculo cardíaco permanecía constante.

A diferencia de la hipertrofia patológica que se caracterizaba por una dilatación estructural que constituía una fase incipiente de la insuficiencia cardíaca y que surgía cuando se excedía los límites del peso crítico del corazón, el que se estableció en 500 gr, y, que Kirch nunca observó en los deportistas que examinó. Es posible que los límites del peso crítico dependan de factores individuales, así un atleta de talla corta debe ser más "acondicionable" que otro de



mayor talla, pues el primero alcanzaría el peso crítico en etapa muy posterior. ¹⁴

Se distinguen tres tipos de respuesta cardiaca según el esfuerzo, sea isométrico, isotónico o mixto, aunque es más adecuado considerar dos formas ejercicio estático y dinámico. La diferencia respecto a las variables hemodinámicas es notable cuando se comparan esfuerzos estáticos con dinámicos. ¹²

La respuesta del volumen de eyección en relación a la intensidad aumenta progresivamente respecto a la intensidad del ejercicio, hasta un punto doble, difiere de la estabilización o descenso.

El aumento del volumen de eyección se debe a dos posibilidades: aumento de la precarga, incremento del volumen diastólico final y la mayor actividad contráctil, esto es un descenso del volumen sistólico final.

El volumen diastólico final depende del retorno venoso, el volumen total de sangre circulante y de la distribución del volumen sanguíneo entre las zonas intra y extratorácicas, que se encuentra condicionada por la posición corporal, la presión intratorácica, la presión intrapericardica, el tono venoso y contracción auricular. ¹⁵

La contractilidad se ve afectada por la actividad simpática, la concentración de catecolaminas y la capacidad intrínseca de los miocitos ventriculares.

El incremento de la precarga y aumento de la contractilidad constituyen dos mecanismo de mejora del rendimiento ventricular durante el ejercicio determinando un aumento del volumen diastólico final y una reducción del volumen sistólico final. La consecuencia es un mayor volumen eyectado en cada latido, esto es un mayor volumen de eyección. ¹⁶



La causa fundamental del incremento de la frecuencia cardiaca es la estimulación simpático adrenérgica al tiempo que se produce una inhibición del parasimpático, dependiendo de la intensidad del ejercicio.

Durante esfuerzos moderados, el incremento de la frecuencia cardiaca se debe a la inhibición del sistema parasimpático y en menor medida a la estimulación simpática. Y a esfuerzos de mayor intensidad, la estimulación simpática de forma progresiva adquiere una mayor relevancia, lo que modifica un patrón de llenado ventricular, y contractilidad de ambos.

El grado de coordinación simpático/parasimpático como mecanismo de incremento de la frecuencia cardiaca se encuentra acentuado en los atletas, principalmente de resistencia y se manifiesta por la bradicardia sinusal y un menor incremento de la frecuencia cardiaca al esfuerzo submáximo. ¹⁶

Durante el ejercicio el aumento de la frecuencia cardiaca es causado por una disminución de la acción inhibitoria del vago. Durante ejercicios agotadores el incremento de la estimulación simpática recién adquiere importancia, ya que en reposo su influencia es poco significativa. Factores adicionales como el aumento de la temperatura corporal y de la secreción de adrenalina, ejercen acción directa sobre el corazón. La descarga del centro cardioinhibidor se produce a través de reflejos, cuyos impulsos aferentes se originan en los senos aórticos y carotídeos.

También es influenciado por la corteza cerebral y otros centros superiores, este sería el origen del aumento psíquico de la frecuencia cardiaca segundos antes de iniciarse el ejercicio. ¹⁶

Ciertos reflejos que se originan en las articulaciones y los músculos durante su contracción contribuyen a producir aumentos en la frecuencia cardiaca y en la respiración.



La mejora en la función cardiaca por lo tanto es consecuencia de una mejora en la eyección y el llenado, es decir, mejora en la función sistólica y diastólica.

Los cambios prioritarios se basan en el crecimiento de las cavidades cardiacas, con predominio en el ventrículo izquierdo, por una dilatación fisiológica cardiaca, hay incremento en el espesor de la pared libre del ventrículo izquierdo en deportes de predominio aeróbico y del septo en deportes de predominio anaeróbico por adaptación de los miocitos ventriculares, esto condiciona un incremento de la fuerza desarrollada.

Morganroth y colaboradores introdujeron un nuevo concepto del corazón del deportista sobre bases ecocardiográficas y fueron los primeros en destacar que puede existir una forma particularísima de adaptación cardiaca en atletas dedicados a actividades de potencia, hecho que se había negado totalmente, donde observaron una hipertrofia pura (concéntrica), a diferencia de la dilatación pura observada en el deportista entrenado para resistencia.

Pero esta simple diferenciación la contradijeron otros datos, según la Ley de Laplace, el agrandamiento del espacio interior del corazón debe acompañarse de aumento de la tensión parietal, así, una dilatación deberá acompañarse siempre de engrosamiento de la pared para compensar el trabajo de la fibra muscular individual.

Es sorprendente que en los estudios de Henschen no hayan mostrado diferencia en la característica principal del corazón de deportista, que es la bradicardia, más si se concluyó que los deportistas tenían una gran amplitud de pulso, lo que hacía pensar que sus corazones eran grandes y potentes.

Esta observación ha hecho que se llegue a la conclusión hemodinámica de que el corazón del deportista posee un gran



volumen sistólico, componente del gasto cardiaco que Henschen supuso que en reposo no aumentaba y que incluso disminuía. ¹⁴

La primera proposición sobre la función del corazón del deportista durante el ejercicio fue hecha por Krogh y Lindhard en 1913.

El primero pensaba que el corazón entrenado podía aumentar su volumen de expulsión a 20 L/min en situaciones de estrés. Pero Ekblom y Hermannsen registraron un gasto cardiaco máximo de 42.3 L/min, y el mayor volumen sistólico encontrado por Ekblom fue de 205 mililitros. A pesar de que Krogh en términos generales, subestimó el potencial de rendimiento del corazón de deportista en números absolutos, reconoció el aumento relativo con exactitud, porque inició su medición con un gasto en reposo de 3 L/min.

Por esta razón, un gran volumen sistólico constituye el signo hemodinámico característico de la circulación del sujeto entrenado.

Existen diferencias cuali-cuantitativas entre el ejercicio dinámico o isotónico y el ejercicio estático o isométrico. En el ejercicio dinámico existe un gran aumento del volumen/minuto y la frecuencia cardiaca, con elevación moderada de la presión arterial (170/100 mmHg) y una reducción neta de la resistencia periférica. Esto se debe al aumento del consumo de O₂ por el músculo.

Por el contrario, el ejercicio estático lleva a un pronunciado aumento de la presión arterial (300/150 mmHg) y las resistencias periféricas. El aumento del volumen/minuto es solo moderado y se debe casi por completo al aumento de la frecuencia cardiaca, esto se relaciona no solamente con el consumo de O₂, sino también con el porcentaje de desarrollo de tensión máxima.

Para el ejercicio físico con predominio isométrico no existe aún un acuerdo unánime como para el aeróbico, en este tipo de ejercicio se moviliza un menor número de grupos musculares y los cambios en los parámetros cardiorespiratorios son escasos. ¹⁴



Por otro lado la estimulación en el laboratorio del gesto deportivo de predominio isométrico es extraordinariamente difícil. El ejercicio estático es sostenido por mecanismos anaeróbicos y los incrementos consecuentes en el consumo de oxígeno y en el gasto cardiaco son mucho menores que durante el ejercicio dinámico.

El incremento en el gasto cardiaco durante el ejercicio estático se debe principalmente al aumento de la frecuencia cardiaca, el volumen sistólico permanece casi inalterado.

El ejercicio estático - isométrico se caracteriza por producir, mediante contracción de los músculos activos, un efecto mecánico de compresión sobre los vasos sanguíneos, que incrementa de una manera importante las resistencias vasculares periféricas y en consecuencia se produce un aumento muy significativo de la tensión arterial diastólica. Aunque se han encontrado cifras de más de 350 mmHg de tensión arterial sistólica en halterofilia, se considera que durante una prueba de esfuerzo isométrica existe una reacción hipertensiva cuando las cifras de tensión arterial sobrepasan del 27% al 35% la cifra basal.

2.6 SISTEMAS ENERGÉTICOS PARA EL EJERCICIO

La obtención de energía del organismo humano inicia con la ingesta de comida, la que se descompone o fracciona a glucosa y ácidos grasos libres, los que a través de una serie de reacciones químicas se convierten en un compuesto rico en energía -el adenosin-5-trifosfato (ATP)-, presente en todos los procesos intracelulares que exigen gasto energético. ¹⁷



El entrenamiento favorece los aportes de energía y su utilización con un rendimiento óptimo para llevar el ejercicio práctico a un nivel superior.

En la transición del reposo al ejercicio máximo, la energía que necesita un atleta puede incrementarse más de 20 veces. El ATP debe resintetizarse constantemente, ya que sus reservas son muy limitadas (solo pueden proporcionar energía para mantener un ejercicio de intensidad de moderada a alta durante algunos segundos). La energía (ATP) necesaria para la contracción muscular, el trabajo biológico y la competición atlética, se produce a través de dos vías, la aeróbica y la anaeróbica. ¹⁸

La vía anaeróbica es una fuente rápida de ATP, es útil para realizar ejercicios físicos cortos y próximos a la intensidad máxima. Esta vía no emplea oxígeno y el ATP puede sintetizarse escindiendo una molécula de fosfato en otro compuesto de almacenamiento rico en energía (creatin-fosfato) y/o descomponiendo carbohidratos a nivel intracelular (glicólisis).

Estos procesos proporcionan cantidades limitadas de ATP, representando sólo el 5% de ATP potencial (comparando con el que se produce por la vía aeróbica). Además este proceso ocasiona la formación de ácido láctico el cual provoca fatiga y dolor muscular. ¹⁷

La vía del metabolismo anaeróbico se utilizará al comienzo de cualquier actividad física (provoca la deuda de oxígeno) o en esfuerzos intensos y de breve duración, también en esfuerzos prolongados, una vez superada la capacidad aeróbica individual, previamente al agotamiento muscular.

El metabolismo anaeróbico utilizará la vía anaeróbica aláctica para el inicio de la actividad física o en esfuerzos máximos, y cortos (100 mts. planos, salto de altura, levantamiento de pesas). ¹⁸



Es una vía rápida e intensa de obtención de energía, siendo posible mantenerla durante un periodo corto de tiempo de 17 a 20 segundos. Cuando este tipo de esfuerzo se repite se alcanza el agotamiento por fatiga muscular y presencia de frecuencia cardiaca máxima.

En los esfuerzos intensos, pero prolongados (pruebas de fondo) se utiliza la vía del metabolismo anaeróbico láctico o glucólisis anaeróbica, produciendo ácido láctico como sustrato final del metabolismo

Esta última vía, constituye una fuente de mayor duración 20-45 segundos, que producirá el coste de un incremento de ácido láctico muscular con la subsecuente aparición de fatiga, y requiriendo de forma imprescindible la vía del metabolismo aeróbico para resintetizar el ácido láctico a glucosa.¹⁷

Por otro lado, la vía aeróbica proporciona una fuente energética en presencia de oxígeno cuando el ejercicio excede a los dos minutos. Representa el 90% de la producción total de ATP. La obtención de energía es a partir de la molécula de glucosa.¹⁹

Esta es la vía más lenta, de mayor duración y más económica para el organismo. Es útil en los esfuerzos sostenidos, realizados en situación de equilibrio (frecuencia cardiaca estable). Un aumento en la intensidad del esfuerzo conseguirá un aumento estable en la frecuencia cardiaca.

Las moléculas de ácido pirúvico terminan convirtiéndose en acetil-CoA, la cual también puede obtenerse mediante la degradación de grasas y aminoácidos. Este compuesto se incorpora a la mitocondria celular, donde finalmente, en presencia de oxígeno, se escinde produciendo dióxido de carbono, agua y cantidades significativas de ATP (ciclo de Krebs).²⁰



El nivel del metabolismo de los músculos esqueléticos activos y la contribución relativa de las diversas fuentes energéticas para el aporte de ATP están determinados por la intensidad y la duración de los ejercicios.

Tiempo	Sustrato energético
15"	Sistema de fosfágenos
15" - 30"	Sistema de fosfágenos y glucólisis anaeróbica
30" - 2'	Glucólisis anaeróbica
2' - 3'	Glucólisis anaeróbica y fosforilación oxidativa
3' - 20'	Fosforilación oxidativa (Glucógeno)
> 20'	Fosforilación oxidativa (Ácidos Grasos)

7, 18

Requerimientos metabólicos en el boxeo.

Es importante recordar que el consumo de oxígeno en reposo es de 3.5 ml/kg/min, lo que representa unos 250 ml/min y se corresponde con la llamada unidad metabólica o MET5.

Para poder describir los requerimientos metabólicos necesarios en el boxeo es necesario clasificar al deporte de acuerdo a la relación de su componente dinámico o estático según la clasificación de Mitchell que los agrupa en 9 subgrupos:



Subgrupo	Dinámico bajo (A)	Dinámico moderado (B)	Dinámico alto (C)
Estático bajo (I)	Billar	Béisbol	Bádminton
	Bolos	Tenis de mesa	Marcha
	Golf	Tenis (Dobles)	Fútbol
	Tiro	Voleibol	Tenis (individual)
Estático moderado (II)	Tiro con arco	Saltos (Atletismo)	Baloncesto
	Automovilismo	Fútbol Americano	Hockey hielo
	Buceo	Rugby	Carrera de medio fondo
	Motociclismo	Carrera de velocidad	Balonmano
Estático alto (III)	Lanzamientos (atletismo)	Lucha	Boxeo
	Gimnasia	Escalada	Ciclismo
	Karate/Judo	Windsurf	Decatlón
	Halterofilia		Patinaje de velocidad

21

Y además de la clasificación dinámica o estática, es de relevancia conocer la clasificación del boxeo dentro de los requerimientos aeróbicos o anaeróbicos, por las exigencias deportivas.¹⁹

Deporte	Aeróbico (%)	Anaeróbico (%)
Halterofilia; buceo; atletismo 100 m; tenis	0	100
Gimnasia; atletismo 200 m; fútbol americano	10	90
Hockey sobre hielo; esgrima; natación 100 m; volibol; patinaje 500 m; atletismo 400 m	20	80
Hockey sobre pasto; fútbol asociación	30	70
Atletismo 800 m; natación 200 m	40	60
Boxeo ; remo 2000 m; atletismo 1500 m	50	50
Natación 800 m	60	40
Patinaje 10,000 m; esquí de fondo; atletismo 10,000 m	90	10
Maratón	100	0

20



El entrenamiento y la práctica del boxeo pueden dividirse en tres trabajos diferentes que determinaran los requerimientos metabólicos. El trabajo dependerá de la forma en la que se practican los ejercicios, las características físicas, el género y el nivel de los boxeadores. ⁴

- 1) Trabajo de sparring: simulación de boxeo con una pareja en el gimnasio.
- 2) Trabajo de almohadilla o manoplas con pareja.
- 3) Saco de boxeo.

La medición de los requerimientos metabólicos se realiza dependiendo del VO₂, frecuencia cardiaca, concentración de lactato y esfuerzo percibido, no siempre producen los mismos resultados, dependiendo de la actividad que se realice por lo que es importante la descripción de las tres modalidades básicas de ejercicio. ²²

Trabajo de sparring o combate.

El boxeo es un deporte de combate que implica la presencia de 2 atletas, teniendo como objetivo golpear a su oponente, utilizando predominantemente el tren superior, con la utilización de guantes acolchados, mientras se trata a su vez de evitar los golpes del contrincante tanto como sea posible. ⁴

Se considera un golpe eficiente aquellos que logran incapacitar al oponente a seguir luchando o ganar puntos por colocación del golpe en cabeza o torso, con la minimización de golpes poco eficaces.

Eficaz o no, todos los golpes lanzados conllevan un gasto de energía, por lo que el trabajo de combate o sparring en el gimnasio es de utilidad para simular un trabajo de competencia, sin embargo,

dependiendo del estilo y el nivel del oponente, es el efecto que puede obtener el atleta.

Por lo que para la valoración se requiere de sparrings que se encuentren en un valor similar de entrenamiento. Los estudios indican como un VO₂ mínimo de 25 ml/kg/min (7.1 METS), máximo de 50 ml/kg/min (14.2 METS) y con un promedio de 40 ml/kg/min (11.4 METS).⁴

Trabajo de almohadilla o manoplas con pareja

El trabajo de almohadilla permite una estrecha interacción entre el entrenador y el boxeador, además en este tipo de entrenamiento se puede realizar prácticas sobre la ofensiva, defensa, trabajo de puños, pies, velocidad, potencia, control del ring, técnica y táctica.

Este deporte puede practicarse de forma aislada o puede practicarse con varios atletas, y volverse más complejo que un simple golpe. El mejor lugar para practicar este ejercicio es el ring, ya que le permite al boxeador desarrollar sentido de orientación espacial.

El requerimiento energético necesario para la realización de este ejercicio se encuentra entre 40 y 50 ml/kg/min (11.4-14.2 METS).⁴

Saco de boxeo

Esta parte del entrenamiento se basa en el golpe de un saco, que le permite al boxeador simular ciertos aspectos del combate. Para realizar esta actividad solo requiere de la protección de manos con un par de guantes.



Se puede realizar de forma libre sin ningún tipo de ayuda y el controlado en el que el boxeador es ayudado por un entrenador u otro compañero, y le permite en esta última modalidad practicar la intensidad, cadencia, tipo y combinación de los golpes, además del trabajo de piernas. El requerimiento energético necesario para la realización de este ejercicio también oscila entre los 40 y 50 ml/kg/min (11.4-14.2 METS).⁴

2.7 DOBLE PRODUCTO

Es un parámetro de interés a valorar durante la prueba de esfuerzo, se obtiene por la multiplicación de la presión arterial sistólica máxima por la frecuencia cardiaca máxima. El valor del doble producto expresa el consumo miocárdico de oxígeno, lo que representa como tal el gasto energético del corazón ante un ejercicio físico o una actividad con determinada intensidad.²³

Los valores altos se observan más en cardiópatas en las etapas iniciales del esfuerzo que en los sanos en etapas tardías de la prueba.

Esto expresa que a mayor doble producto máximo alcanzado (producto de frecuencia cardiaca máxima x presión arterial sistólica máxima) hay una mayor capacidad de rendimiento cardiaco al ejercicio.²⁴

Tomando en cuenta las frecuencias normales de 60 a 90 latidos por minuto y cifras sistólicas de tensión arterial entre 110 y 130 mmHg, los márgenes del doble producto serán normales cuando se encuentren entre 6,600 y 11,700 en reposo.²³



Se sabe que el sistema simpático, por medio de una acción vasoconstrictora, mantiene un tono arteriolar coronario semejante a su acción sobre otros territorios vasculares, e incluso se cree que hace participar a los vasos coronarios en el reflejo de barorreceptores.²⁵

En cuanto al sistema parasimpático, se le ha descubierto una acción vasodilatadora coronaria cuando se estimula. Sin embargo, se desconoce la magnitud de la importancia de estos efectos a nivel fisiológico.²⁶

La mayor presión tisular desarrollada por el músculo subendocárdico durante la sístole, comprime los vasos de esa región, obligándoles durante la diástole a dilatarse y a mantener un flujo adecuado a esa área. La reserva coronaria del subendocárdico es entonces menor que la de otras capas miocárdicas ventriculares, y se explica así la tendencia a la isquemia subendocárdica cuando aumenta el metabolismo cardíaco o disminuye la presión aortica o el tiempo de la diástole, como uno de los territorios que primero sufren. La situación es crítica cuando existe una oclusión coronaria parcial por ateroma; en este caso puede que el endocardio utilice toda su reserva coronaria para mantener un flujo adecuado. Un aumento del metabolismo cardíaco durante el ejercicio corporal, puede fácilmente desencadenar la isquemia del territorio subendocárdico en estas circunstancias.²⁶

Una vez agotada la reserva coronaria de una región del miocardio, la única posibilidad de mantener un flujo adecuado y los requerimientos energéticos es el desarrollo de circulación colateral por anastomosis entre los vasos coronarios. Este desarrollo ya se ha observado en el hombre, pero aún son desconocidos los mecanismos desencadenantes.²⁴

El consumo miocárdico de oxígeno se puede expresar como el producto del flujo coronario y de la diferencia arteriovenosa de



oxígeno del corazón. Así, un aumento de los requerimientos de oxígeno por el miocardio, podrá ser satisfecho por un aumento de cualquiera de los dos factores de ese producto. La diferencia arteriovenosa de oxígeno puede aumentar muy escasamente, debido a que en el individuo en reposo la extracción de oxígeno por el miocardio es casi máxima.

Factores que regulan el consumo miocárdico de oxígeno.

El consumo miocárdico de oxígeno está determinado por el funcionamiento mecánico del órgano. El producto del desarrollo de presión en el ventrículo izquierdo y la frecuencia cardiaca pueden explicar totalmente el consumo miocárdico de oxígeno, sin embargo, la utilización de energía por el corazón está determinada por factores mayores y menores, enumerados a continuación: ²⁷

Factores mayores: ¹

- a) Tensión intramiocárdica: determinada por la presión ventricular, el volumen intraventricular y la masa del miocardio. Es el trabajo del corazón derivado de la presión y del volumen que maneja. Al final de la diástole, el volumen es máximo e influye sobre la presión de llenado y la distensión de la fibra durante esa fase y durante la fase isométrica de la contracción, es decir, cuando la fibra está distendida y se inicia el proceso de contracción antes de la apertura de las válvulas y de la fase sistólica de la expulsión. La postcarga es ejemplificada por la presión arterial, a mayor presión arterial, más postcarga y por lo tanto mayor consumo de oxígeno y viceversa.



- b) Estado contráctil (inotropismo): a mayor inotropismo miocárdico, mayor aumento de la energía de la contracción ventricular, mejorando el gasto por latido y disminuyendo la presión diastólica final del ventrículo izquierdo, aunque aumenta al mismo tiempo el consumo miocárdico de oxígeno.
- c) Frecuencia cardiaca (cronotropismo): existe una relación directamente proporcional entre el aumento de la frecuencia y el del consumo miocárdico de oxígeno, de forma lineal.

Factores menores: ¹

- a) Trabajo externo (acortamiento de la fibra como respuesta a una carga): cuando el trabajo cardiaco se incrementa, el consumo miocárdico de oxígeno tiende a ser mayor. La contracción isométrica del ventrículo izquierdo absorbe un 15% de las demandas del consumo de oxígeno por el miocardio.
- b) Energía de actividad eléctrica: es en promedio 1% del total del oxígeno requerido en el corazón con trabajo normal (2ml/O₂/min/100 gr de ventrículo izquierdo).
- c) Metabolismo basal o de reposo.

A un determinado porcentaje del VO₂ max la presión arterial sistólica, la diastólica y la frecuencia cardiaca son considerablemente más altas cuando el trabajo se realiza con el tren superior, que si se realiza con el tren inferior.

Esto se debe a que para una misma carga de trabajo, el ejercicio realizado con los brazos supone una mayor intensidad relativa respecto a su máximo.



En un esfuerzo máximo realizado con el tren superior hay una menor frecuencia cardiaca máxima y menor presión arterial sistólica que si se realizara con el tren inferior, debido a un menor trabajo realizado, ya que la masa muscular utilizada es menor en el ejercicio de brazos, sin embargo la presión arterial diastólica presenta valores superiores en un ejercicio máximo de brazos en relación a un ejercicio realizado con el tren inferior. ²⁴

La diferencia en el comportamiento de la presión arterial en ejercicio de brazos respecto al de piernas, se debe probablemente al menor grupo muscular y vasos de los miembros superiores, provocando una mayor resistencia al flujo de sangre y aumento de la presión arterial para superar dicha resistencia. ²⁹

Además, la vasoconstricción en los amplios territorios musculares no activos, contribuye decisivamente al aumento más acusado de la presión arterial durante el ejercicio realizado con brazos.

La diferencia existente en la respuesta de la presión arterial sistólica durante el ejercicio con brazos y piernas tiene importantes implicaciones para el corazón. Así en la ejecución de ejercicios con los miembros superiores, el doble producto es mayor que con los miembros inferiores, lo cual indica un coste más elevado para el corazón. ²⁸

En la clínica la presencia de patología del miocardio durante el esfuerzo, se considera como umbral de angina un doble producto de 30,000, pero en deportistas a realizar esfuerzo, pueden llegar a tener un doble producto igual o mayor a 30,000, por lo que no es posible considerarlo como patológico en este tipo de población.

Esto indica que el doble producto en atletas estará en correlación directa al nivel de entrenamiento. No hay estudios confirmatorios al respecto que puedan indicar cuál sería el doble producto límite normal en los atletas, así como sucede con la hipertrofia cardiaca.



En general debido a la gran capacidad cardiovascular que desarrollan los deportistas se considera que ellos deben de tener un doble producto con un valor alto, sobre todo en pacientes con un deporte de predominio aeróbico. ²⁸

Sin embargo es importante considerar que tanto en pacientes como en deportistas, se debe realizar una evaluación en la prueba de esfuerzo.

2.8 PRUEBA DE ESFUERZO

Ergometría, de ergos - fuerza y metros - medida.

La prueba de esfuerzo o ergometría, es una exploración objetiva que nos permite valorar como es la respuesta del organismo ante una situación de sobrecarga metabólica como es el ejercicio físico. En definitiva nos permite medir de forma objetiva la capacidad funcional del organismo. ¹¹

La prueba de esfuerzo es un recurso de evaluación y diagnóstico de la capacidad física, la Organización Mundial de la Salud (OMS) establece que el propósito primario de una prueba de esfuerzo, es determinar la respuesta del individuo al esfuerzo. Proporciona información razonable sobre la capacidad aeróbica somática y miocárdica, y la tolerancia en el incremento de la frecuencia cardíaca y la presión arterial. ⁸

Se ha observado que la capacidad de esfuerzo individual se evalúa con mayor precisión en banda sin fin que con otro tipo de ergómetros, ya que el sistema cardiovascular se adapta en forma directa con la demanda de trabajo.



La banda sin fin, es un equipo mecánico que consiste en una banda móvil que tiene un motor de $\frac{3}{4}$ de caballo de fuerza, conectada a un control de velocidad gradual que llega hasta 10 millas terrestres por hora. La base donde se desliza está conectada a otro motor capacitado para elevar la aveza de dicha base, esta elevación se hace gradualmente de 1 a 30% de una pendiente total, que constituye el ángulo recto de 90 grados, o sea el 100% de inclinación.

Existen diferentes métodos en las pruebas de esfuerzo, aunque la mayoría son progresivamente escalonados con elevación de cargas cada 2 o 3 minutos. Estos minutos determinan una etapa, necesarias para que se establezca el consumo de O₂ y la frecuencia cardiaca en relación con cada carga. Esto sucederá hasta que se alcance la frecuencia cardiaca máxima en la que ya no se puede incrementar el consumo de O₂. En este momento se ha alcanzado la estabilización final, y en poco tiempo se producirá agotamiento.

La importancia de la aplicación de estas pruebas radica en que se controla la tensión arterial y se monitoriza el electrocardiograma continuamente en una pantalla, pudiendo registrarse en papel cuando sea necesario.

Las pruebas de esfuerzo pueden ser máximas o submáximas. La diferencia entre ellas radica en el momento en el que hay que detener la prueba, dependiendo de la frecuencia cardiaca máxima de esfuerzo (FCME).

La importancia de la prueba de esfuerzo radica en la necesidad de evaluar cuantitativamente la capacidad aeróbica (consumo de oxígeno VO₂max), cambios hemodinámicos (Frecuencia cardiaca, respuesta de la presión arterial sistólica y diastólica), presencia de signos o síntomas (angina de pecho), cambios electrocardiográficos.



Es importante orientar al paciente sobre la importancia de se debe tener un ayuno de por lo menos 3 horas previas, no fumar, no consumir bebidas con cafeína y usar ropa deportiva. Se realiza electrocardiograma de reposo, se debe tener la habitación a 18-22 C y la humedad menor al 60%.

La prueba de esfuerzo con protocolo de Pugh se realiza en banda sin fin con inclinación de 1% y velocidad de incremento constante cada 3 minutos, esta prueba fue utilizada en los inicios de protocolización para las pruebas de esfuerzo.

Se realizó un estudio comparativo en el que participaron 7 atletas corriendo en banda sin fin a velocidad constante y con inclinación mínima tratando de comparar al segundo grupo que corría en pista.

De tal forma se llegó a la estimación de que el coste de energía para superar la resistencia del aire en pista de atletismo es de 8% del total de energía en 21.5 km/h y de 16% cuando corrían 100 metros en 10 segundos, por lo que tratando de igualar las condiciones de los deportistas en campo, se decidió la utilización de un protocolo con velocidad constante e inclinación mínima.³¹



III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Se encontrara el doble producto por arriba de los 27 000 en boxeadores profesionales y amateurs de Toluca, México?

IV. JUSTIFICACIONES

Es importante recordar que el boxeo es un deporte con importante carga anaeróbica (50%) y por lo tanto cardiovascular, con constantes maniobras de valsalva en el transcurso de su ejecución, por lo que es de prioridad conocer el grado de entrenamiento y la función cardíaca en base a la relación del doble producto cardíaco.

Existe poca información en la literatura médico - deportiva, del rendimiento cardiovascular, en relación al doble producto durante las pruebas de esfuerzo.

La información que existe en la literatura médico - deportiva sobre screening cardiovascular es limitada en el deporte del boxeo.

Como médicos es importante cumplir con una valoración médica y un screening cardiovascular lo más completo posible a los atletas para minimizar en lo posible el riesgo de muerte súbita.

No se cuenta con un estudio a nivel estatal, nacional e internacional que analice el doble producto cardíaco como predictor del entrenamiento de boxeadores.

Detectar precozmente alteraciones cardiovasculares que puedan significar un aumento de riesgo de muerte súbita o posibilidad de progresión de la enfermedad, durante la práctica de una actividad física.



V. HIPÓTESIS

El doble producto cardiaco será ser igual o mayor a 27,000 (cifras adecuadas para personas entrenadas), en el 80% de un grupo de boxeadores profesionales y amateurs de Toluca, Estado de México, durante la prueba de esfuerzo con protocolo de Pugh.

OPERACIONALIZACION DE LA HIPÓTESIS

VARIABLES INDEPENDIENTES: Doble producto cardiaco.

VARIABLES DEPENDIENTES: Box profesional y amateur

RELACIÓN LÓGICA: Será igual o mayor a 27,000 en el 80% de los, durante la

UNIDAD DE OBSERVACIÓN: Un grupo de boxeadores profesionales y amateurs de Toluca, Estado de México.



VI. OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar el doble producto cardiaco en un grupo de boxeadores profesionales y amateurs de la ciudad de Toluca, Estado de México, durante la Prueba de Esfuerzo con protocolo de Pugh, en la ciudad de Toluca, México en 2013.

Objetivos específicos

Identificar por edad, el doble producto cardiaco de esfuerzo en un grupo de boxeadores profesionales y amateurs de Toluca, Estado de México.

Analizar por categoría, el doble producto cardiaco de esfuerzo en un grupo de boxeadores profesionales y amateurs de Toluca, Estado de México.

Determinar por tiempo de entrenamiento, el doble producto cardiaco de esfuerzo en un grupo de boxeadores profesionales y amateurs de Toluca, Estado de México.

Observar por género, el doble producto cardiaco de esfuerzo en un grupo de boxeadores profesionales y amateurs de Toluca, Estado de México.



VII. MATERIAL Y MÉTODOS

7.1 TIPO DE ESTUDIO

Descriptivo, transversal y observacional.

7.2 LÍMITE DE ESPACIO

El presente estudio se realizara en el área de evaluación funcional del Centro de Medicina de la Actividad Física y el Deporte de la Universidad Autónoma del Estado de México.

7.3 LÍMITE DE TIEMPO

8 meses a partir de la aprobación del presente protocolo.

7.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN TEÓRICA	DEFINICIÓN OPERACIONAL	ESCALA DE MEDICIÓN
Doble producto máximo	Parámetro que expresa el consumo miocárdico de oxígeno y representa el gasto energético del corazón ante un ejercicio físico con determinada intensidad	Tras el esfuerzo el máximo se toma la frecuencia cardiaca máxima y se multiplica por la presión arterial sistólica máxima	Variable cuantitativa Normal reposo 6,600-11,700 Mínimo deportivo 27,000 Adaptación 30,000

Box profesional y amateur	Deporte de contacto que cuenta con dos categorías, con diferencia en la marcación de los puntos, duración de los combates y edad de los participantes	Determinado por los antecedentes deportivos de los atletas.	Variable cualitativa
----------------------------------	---	---	----------------------

7.5 UNIVERSO DE TRABAJO

El estudio se llevó a cabo con una población de 30 boxeadores profesionales y no profesionales de la ciudad de Toluca, a los que se les realizó una Prueba de Esfuerzo de Pugh, en el Centro de Medicina de la Actividad Física y el Deporte de la Facultad de Medicina, UAEMex, para determinar el Doble Producto Cardíaco.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Boxeadores de ambos géneros de la ciudad de Toluca de 15 a 35 años.

Boxeadores sin haber tomado ninguna sustancia que modifique o altere el cronotropismo cardíaco.

Boxeadores sin algún padecimiento cardiovascular.



CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Boxeadores con presencia de alguna enfermedad aguda.

Boxeadores con incapacidad musculoesquelética al realizar la prueba de esfuerzo.

Boxeadores que no desee participar en el estudio.

CRITERIOS DE ELIMINACIÓN

Boxeadores que presenten alteración en respuesta presora durante la prueba de esfuerzo.

7.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Al ser estudio descriptivo se utilizaran pruebas descriptivas, como medidas de tendencia central, porcentajes y proporciones.

7.7 DISEÑO DEL ESTUDIO

Se realizó el estudio con 30 boxeadores profesionales y amateurs de Toluca, Estado de México, los que acudieron al Centro de Medicina de la Actividad Física y el Deporte de la Facultad de Medicina, UAEMex, para evaluar la respuesta cardiovascular a través de la prueba de esfuerzo con protocolo de Pugh en banda sin fin en 2013.

El horario en el que se realizaron las evaluaciones fue de las 16 a 20 hrs. La evaluación de cada uno de los deportistas consistió en:

1. Consulta inicial con elaboración de historia clínica médico - deportiva. (ANEXO 1).



2. Firma del consentimiento informado por escrito, que incluyó la explicación de la prueba a realizar, con la inclusión de los riesgos y beneficios de la misma. (ANEXO 2).
3. Se determinó la frecuencia cardíaca máxima de esfuerzo (FCME) mediante la fórmula de Lester $(0.41 \times \text{edad}) - 205$.
4. Se realizó la determinación del 85% de la FCME.
5. Se tomó la frecuencia cardíaca y tensión arterial de reposo.
6. 5 minutos antes de realizar la prueba de esfuerzo los deportistas realizaron ejercicios calisténicos, ligeros movimientos de flexibilidad y elasticidad.
7. Se colocó al paciente un pulsómetro, para el conteo adicional de la frecuencia cardíaca el cual se registró a los 2.5 minutos de cada etapa de la prueba de esfuerzo.
8. Se colocó manguito del esfigmomanómetro anaeroide en el brazo del deportista, para la determinación de la tensión arterial a los 2.5 minutos de cada etapa de la prueba.
9. Se colocaron los electrodos al paciente (V1- cuarto espacio intercostal borde lateral derecha del esternón, V2 - cuarto espacio intercostal borde lateral izquierdo del esternón, V3 - entre V2 y V4, V4 - quinto espacio intercostal línea mediocalvicular, V5 - vertical a V4 en línea axilar anterior, V6 - vertical a V4 línea axilar media, RA - brazo derecho, LA - brazo izquierdo, RL - pierna derecha y LL - pierna izquierda), se coloca al paciente en la banda sin fin, y se realizó un registro electrocardiográfico antes de iniciar la prueba y al no mostrar ninguna alteración electrocardiográfica, se continuó con la prueba.
10. Se inició la prueba de esfuerzo utilizando protocolo de Pugh para la medición del esfuerzo físico, el cual consta de las siguientes etapas.



ETAPA	TIEMPO MINUTOS	VELOCIDAD KM/H	VELOCIDAD MPH	VO2
I	3	4	2.5	10.634
II	6	6	3.7	17.946
III	9	8	5	25.258
IV	12	10	6.2	32.57
V	15	12	7.5	39.882
VI	18	14	8.7	47.194
VII	21	16	10	54.506
VIII	24	18	11.2	61.818
IX	27	20	12.5	69.13
X	30	22	13.7	76.442

11. Se observó el osciloscopio para el trazo electrocardiográfico, y registró de la frecuencia cardiaca.
12. En el tiempo de recuperación se observó el registro electrocardiográfico y de la frecuencia cardiaca y de la presión arterial, al minuto, a los 3 y a los 6.
13. Se realiza el cálculo del doble producto cardiaco multiplicando la frecuencia máxima alcanzada y la presión arterial sistólica máxima alcanzada.
14. La información que se obtuvo de la prueba de esfuerzo, se anotó en el formato ANEXO 3, reporte prueba.



7.8 CONSIDERACIONES ÉTICAS

El presente estudio de investigación se realizará respetando las normas institucionales, nacionales e internacionales para la investigación en seres humanos. En todos los casos se realizara el estudio después de la lectura y firma de la carta de consentimiento informado.

El presente estudio de investigación se realizara de forma confidencial, con previa autorización del evaluado y firma de la carta de consentimiento bajo información completa de la prueba a realizar, además de la información de los riesgos que conlleva, recordando que las evaluaciones se encuentran normadas de acuerdo a lo establecido en el reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación, y de las disposiciones en el código sanitario en materia de investigación, acordes con la declaración de Helsinki y de sus adecuaciones posteriores.

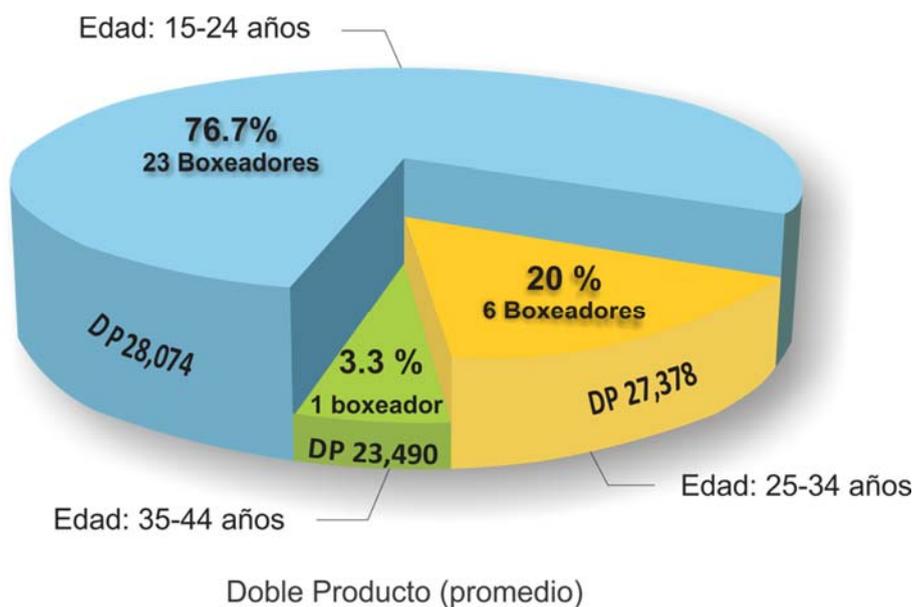
VIII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	MESES
Elaboración de protocolo	Enero 2013 - Sept 2013
Pruebas de esfuerzo	Octubre-13
Protocolo (presentación del protocolo)	Nov-13
Recopilar resultados	Nov-13
Análisis de resultados	Nov-13
Presentación de tesis	Dic-13

IX. ANÁLISIS DE RESULTADOS

CUADRO Y GRÁFICA 1. Doble producto por grupo de edad en un grupo de boxeadores profesionales y amateurs de Toluca, del Estado de México.

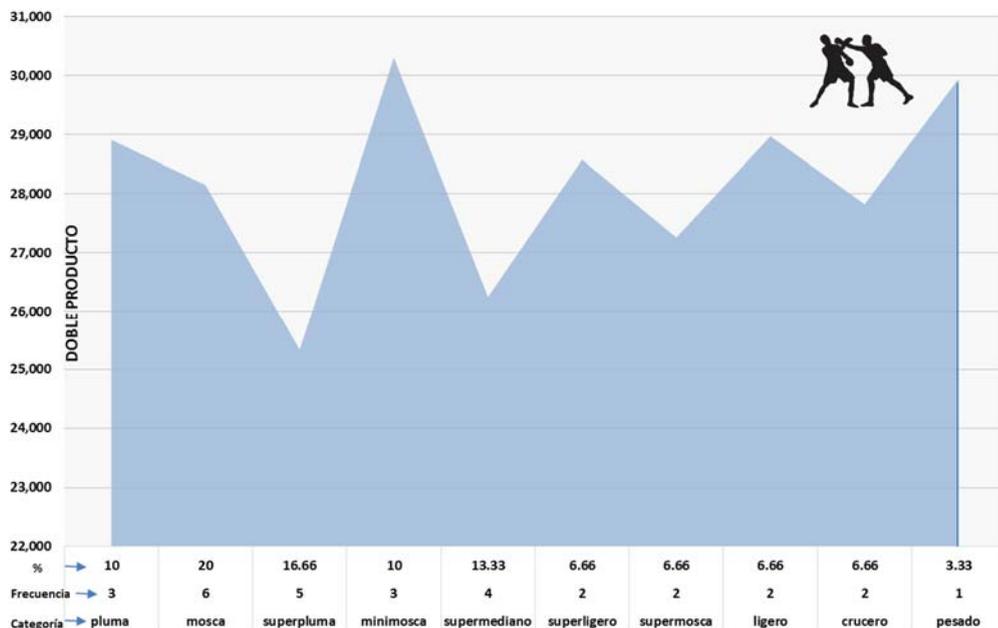
Rango de Edad	Frecuencia (boxeadores)	Porcentaje (%)	Promedio Doble Producto
15-24	23	76.70%	28,074
25-34	6	20.00%	27,378
35-44	1	3.30%	23,490



FUENTE. Pruebas de esfuerzo realizadas a un grupo de boxeadores en 2013, en CEMAFyD.

CUADRO Y GRÁFICA 2. Doble producto por categoría en un grupo de boxeadores profesionales y amateurs de Toluca, del Estado de México.

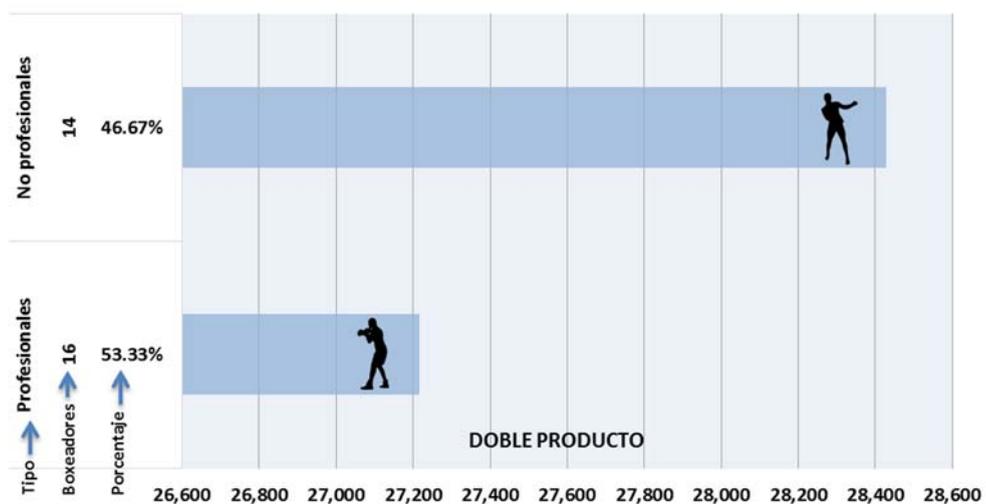
Categoría	Frecuencia (boxeadores)	Porcentaje (%)	Promedio Doble Producto
Pluma	3	10	28,912
Mosca	6	20	28,150
Superpluma	5	16.66	25,338
Mínimosca	3	10	30,308
Supermediano	4	13.33	26,248
Superligero	2	6.66	28,575
Supermosca	2	6.66	27,260
Ligero	2	6.66	28,973
Crucero	2	6.66	27,825
Pesado	1	3.33	29,950



FUENTE. Pruebas de esfuerzo realizadas a un grupo de boxeadores en 2013, en CEMAFyD.

CUADRO Y GRÁFICA 3. Doble producto en profesionales y amateurs en boxeadores profesionales y amateurs de Toluca, del Estado de México.

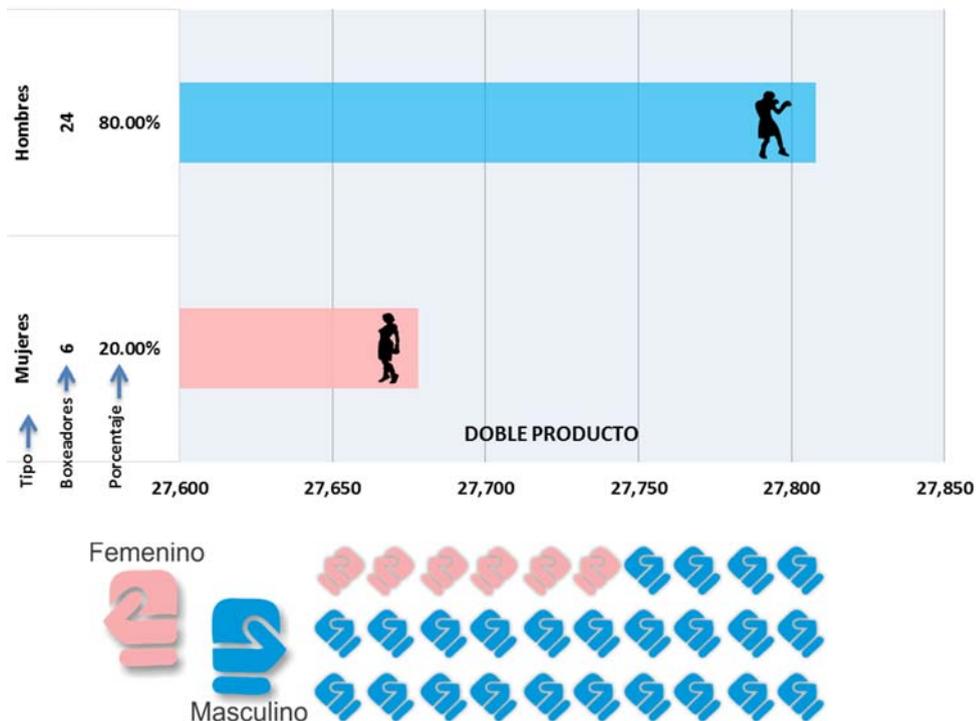
Tipo	Frecuencia (boxeadores)	Porcentaje (%)	Promedio Doble Producto
Profesionales	16	53.33%	27,217
Amateurs	14	46.67%	28,428



FUENTE. Pruebas de esfuerzo realizadas a un grupo de boxeadores en 2013, en CEMAFyD.

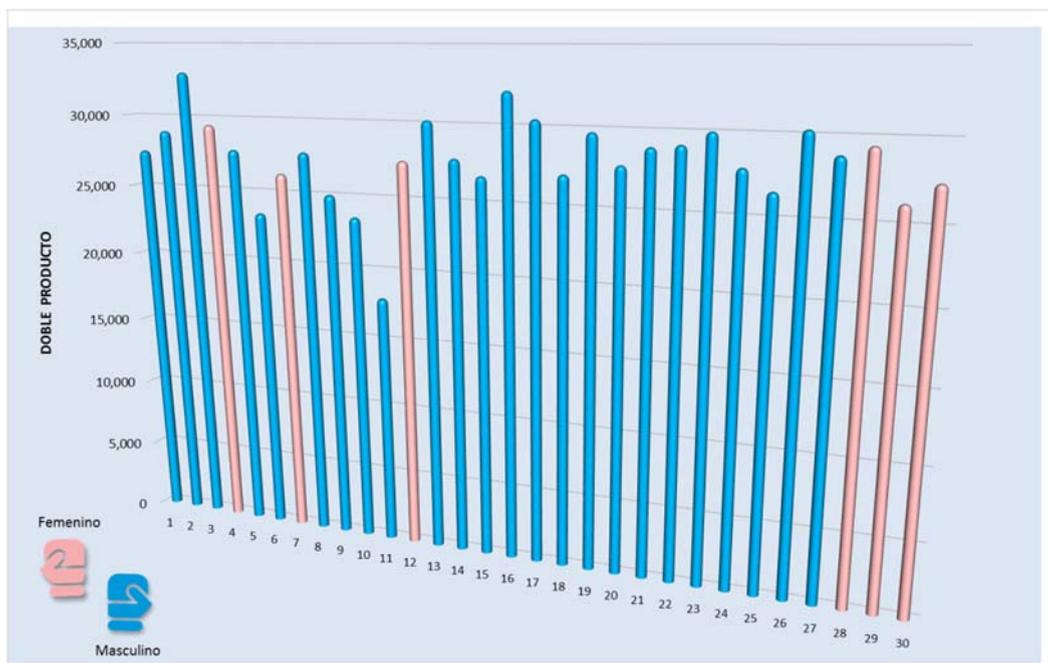
CUADRO Y GRÁFICA 4. Doble producto por género en un grupo de boxeadores profesionales y amateurs de Toluca, del Estado de México.

Género	Frecuencia (boxeadores)	Porcentaje (%)	Promedio Doble Producto
Mujeres	6	20.00%	27,678
Hombres	24	80.00%	27,808



FUENTE. Pruebas de esfuerzo realizadas a un grupo de boxeadores en 2013, en CEMAFyD.

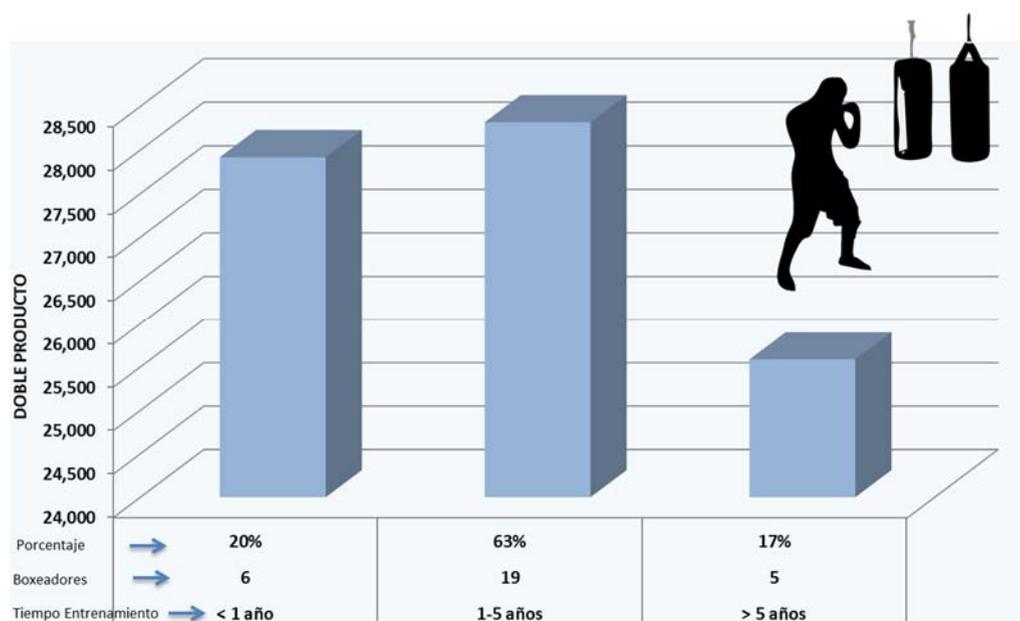
GRÁFICA 5. Doble producto por género en un grupo de boxeadores profesionales y amateurs de Toluca, del Estado de México.



FUENTE. Pruebas de esfuerzo realizadas a un grupo de boxeadores en 2013, en CEMAFyD.

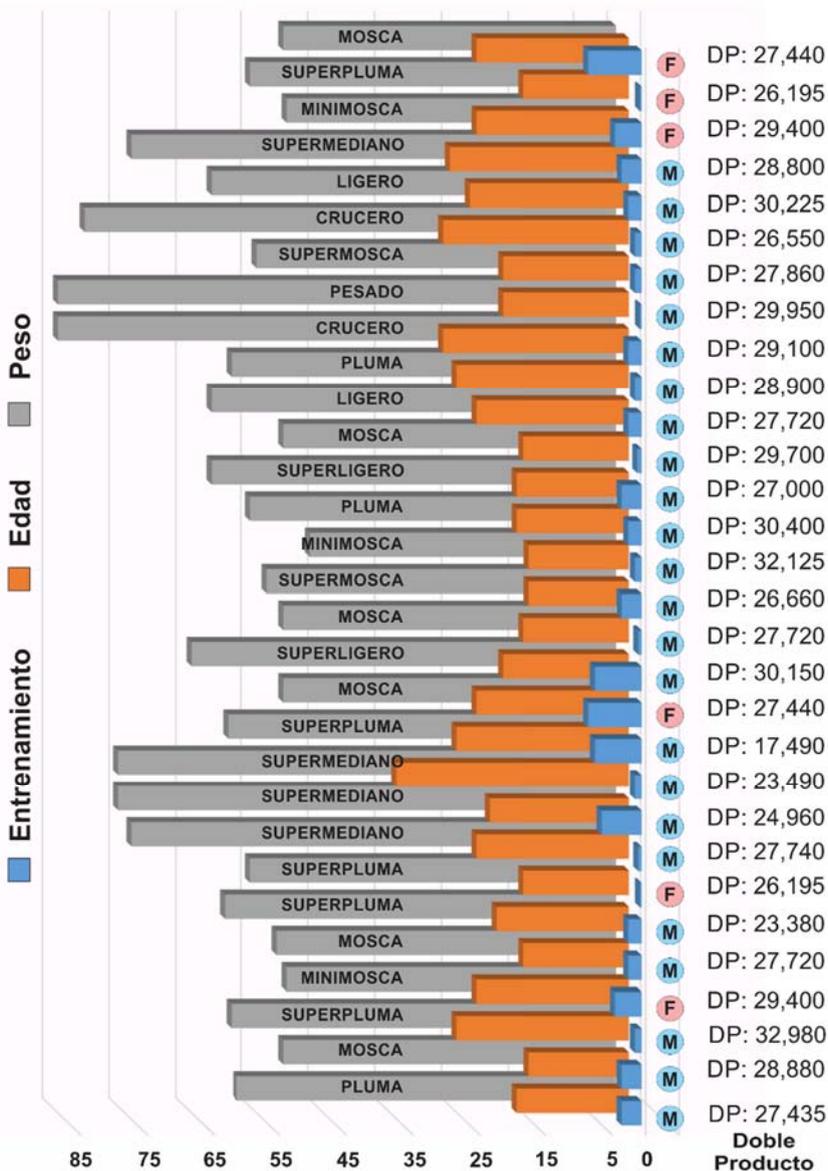
CUADRO Y GRÁFICA 6. Doble producto por tiempo de entrenamiento en un grupo de boxeadores profesionales y amateurs de Toluca, del Estado de México.

Tiempo de Entrenamiento	Frecuencia (boxeadores)	Porcentaje (%)	Promedio Doble Producto
< 1 año	6	20%	27,917
1-5 años	19	63%	28,317
> 5 años	5	17%	25,586



FUENTE. Pruebas de esfuerzo realizadas a un grupo de boxeadores en 2013, en CEMAFyD.

GRÁFICA 7. Doble producto por tiempo de entrenamiento, edad, género y categoría en un grupo de boxeadores profesionales y amateurs de Toluca, del Estado de México.



FUENTE. Pruebas de esfuerzo realizadas a un grupo de boxeadores en 2013, en CEMAFyD.

X. DISCUSIÓN

El estudio del doble producto en medicina ha sido ampliamente estudiado en pacientes cardiopatas e hipertensos, comparándolo incluso con pacientes a los que se les administra antianginosos, antihipertensivos e inotrópicos, esto con la finalidad de demostrar las repercusiones que tienen estos padecimientos sobre la perfusión al miocardio.

Estos estudios revelan de importancia del doble producto para la vigilancia de la perfusión miocárdica, para estos padecimientos. Se puede realizar una comparación para pacientes sanos y atletas que practican deportes de alta exigencia anaeróbica, como es el boxeo.

Los deportes de combate, entre los que resalta el boxeo cuentan con una alta exigencia miocárdica, además de contar con maniobras constantes de valsalva a consecuencia de la mayor utilización de tren superior.

Esto denota la importancia de la realización de estudios que determinen de forma clara y sencilla el doble producto cardiaco máximo para pacientes deportistas, para permitir que se cuente con un adecuado nivel de valoración cardiovascular y una adecuada guía sobre el curso que toma cada uno de los tipos de entrenamiento llevados en este tipo de deporte.



XI. CONCLUSIONES

Después de realizar las pruebas de esfuerzo a los deportistas se llegó a la conclusión de que la hipótesis fue confirmada, encontrándose que los atletas presentaron un doble producto mayor a 27 000 (cifras adecuadas para personas entrenadas) en un 96.7%, con un bajo doble producto en el grupo de edad de 35-44 años.

Se observó que en el grupo de 15-24 mostro un mejor promedio de doble producto (27 378), con respecto al resto de los grupos de edad.

Al realizar la determinación del doble producto por género, se pudo encontrar que hay un predominio en el mismo en el sexo masculino (27 808), aunque no se aleja mucho del resultado del femenino (27 678) con una diferencia de 130. Por lo que a pesar de la diferencia fisiológica cardiovascular de género, esta puede ser compensada por el tipo de entrenamiento.

Sobre el tiempo que llevan entrenando se encontró que la mayor cantidad del doble producto se presentó en el grupo que lleva entrenando de 1 a 5 años (28 317), con menor doble producto en quien lleva entrenando más de 5 años (25 586), estos resultados están supeditados a la etapa del macrociclo en el que se encontraban los atletas.

Sobre la presencia del doble producto en pacientes profesionales y amateurs se puede observar que hay predominancia en pacientes amateurs (28 428), esto podría estar influenciado por la edad de los pacientes y las características cardiovasculares propias de la edad, tipo de entrenamiento, y cargas del macrociclo.

Sobre el doble producto con respecto a la categoría en la que se encontraban los atletas, se observó que el mejor doble producto (30



308) se observó en el peso minimosca que oscila en los 49 kg, el segundo mejor doble producto (29 950) en el peso pesado que se encuentra en los 90 kg aproximadamente, y en tercer lugar (28 973) el peso ligero alrededor de los 61 kg. El peso superpluma que oscila en los 59 kg presento el doble producto más bajo de 25 338, dando como resultado que el doble producto no depende directamente del peso del atleta o de la masa corporal, depende directamente del tipo de entrenamiento.

XII. SUGERENCIAS

Posterior a la realización de este estudio, se sugiere un seguimiento a este tipo de atletas, con una mayor población y sobre todo del género femenino que permita ampliar los conocimientos sobre el doble producto como índice sencillo e importante para la valoración de la integridad miocárdica.

Al incrementar el grupo poblacional se puede buscar la realización de baremos que no existen para este grupo de deportistas, ya que sólo se cuentan para deportes de predominio aeróbico.

Realizar la comparación con otros deportes de combate que tienen alta carga anaeróbica pero que se encuentra con predominio en trabajo de tren inferior.



XIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Sanagua, Jorge, Et.al. *CARDIOLOGÍA DEL EJERCICIO*. Federación Argentina de Cardiología. Editorial Científica Universitaria. 2005. 19-47
2. Evans, Corey. Et.al. *EXERCISE TESTING FOR PRIMARY CARE AND SPORTS MEDICINE PHYSICIANS*. Editorial Springer, 2009. p.p. 23-43.
3. Firman, Guillermo. *FISIOLOGIA DEL EJERCICIO FISICO*. Editorial Panamericana, 2ª ed. España, 1998. p.p. 2-4, 9-12.
4. Arseneau, Eric. *Metabolic requirements of boxing exercises*. Département de Kinésiologie. Université de Montréal. Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures et postdoctorales en vue de l'obtention du grade de Maîtres ès Sciences (M. Sc.) en sciences de l'activité physique. Août, 2010.
5. Hermozada, Jocelyn. *LA GUIA DEFINITIVA ENTRENAR CON PESAS PARA BOXEO*. Editorial RJ Communications. 2012. p.p.78-94.
6. Guyton, Arthur, et. al. *TRATADO DE FISIOLOGIA MEDICA*, Editorial Panamericana. 11ª ed. p.p. 103-114, 246-256, 1061-1062.
7. Wilmore, Jack H. *FISIOLOGÍA DEL ESFUERZO Y DEL DEPORTE*. Editorial Paidotribo. 5ª ed. España, 2007. p.p. 220-240
8. Taylor, Andrea. Et.al. *Isometric training lowers resting blood pressure and modulates autonomic control*. 2003.
9. Calderón Montero, Francisco Javier. *FISIOLOGÍA APLICADA AL DEPORTE*. Editorial Tebar. 2ª ed. España, 2007. p.p. 61-77.
10. Barbany. J.R. *FISIOLOGÍA DEL EJERCICIO FÍSICO Y EL ENTRENAMIENTO*. Editorial Paidotribo, 2ª ed. 2006. p.p. 75-93.
11. Dimas, Carrasco Bellido, et. al. *FISIOLOGÍA HUMANA Y ANATOMÍA DE LOS SISTEMAS*. Editorial Instituto Nacional de Educación Física. Universidad Politécnica de Madrid. 2008 p.p.21-29.
12. Meri, Alex. *FUNDAMENTOS DE FISIOLOGIA DE LA ACTIVIDAD FISICA Y EL DEPORTE*. Editorial Panamericana, 2005. p.p.57-59, 79-86.
13. Peidro, Roberto M. *Cardiología del Deporte. El corazón del deportista. Hallazgos clínicos, electrocardiográficos y*



- ecocardiográficos*. Revista Argentina de Cardiología. Volumen 71. N° 2, Marzo-Abril 2003.
14. Yañez, Fernando. *Síndrome corazón de atleta: manifestaciones morfológicas e implicancias clínicas*. Revista Chilena de Cardiología. Volumen 31. Chile, 2012.
 15. Serratos Fernández, Luis. *Adaptaciones Cardiovasculares del Deportista*. Centro de Medicina del Deporte. CARICD. Consejo Superior de Deportes. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Madrid, España.
 16. Illaraza Lomelí, Hermes. *Clínicas Mexicanas de Cardiología. EJERCICIO, DIETA Y CORAZÓN*. Sociedad Mexicana de Cardiología. Editorial PyDESA. México, 2012.
 17. Acosta, Felquer Laura. *FISIOLOGIA HUMANA*. Editorial Paidotribo. España. 2008. p.p. 12-15.
 18. Billat, Veronique. *FISIOLOGÍA Y METODOLOGÍA DEL ENTRENAMIENTO*. Editorial Paidotribo, 2002. p.p. 37-42.
 19. Bytowski, Jeffrey. Et.al. *OXFORD AMERICAN HANDBOOK OF SPORTS MEDICINE*. Ed. Worldwide Best-Seller. 2010. p.p.437-438.
 20. Guillet, Rene, Et.al. *MANUAL DE MEDICINA DEL DEPORTE*. Editorial Toray-Masson. España, 1988. p.p. 13-19, 47-55.
 21. De la Reina, Montero Leopoldo. *MANUAL DE TEORÍA Y PRÁCTICA DEL ACONDICIONAMIENTO FÍSICO*. Editorial ciencias del Deporte. 2003. p.p. 21-45.
 22. Mirella, Riccardo. *LAS NUEVAS METODOLOGIAS DEL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA, LA RESISTENCIA, LA VELOCIDAD Y LA FLEXIBILIDAD*. Editorial Paidotribo. 2001. España. p.p.11-22
 23. López Chicharro, José. *FISIOLOGÍA DEL EJERCICIO*. Editorial Médica Panamericana.3ª ed. España, 2006. p.p. 340-354.
 24. Mora, Rodríguez. *FISIOLOGÍA DEL DEPORTE Y EL EJERCICIO, PRACTICAS DE CAMPO Y LABORATORIO*. Editorial Panamericana. 2010. p.p. 133-140
 25. Alvarado, Oscar. E. *Croix rabdomized cecum double study in 42 patients with severe coronary disease: isosorbide 5 mononitrate placebo*. 2012.



26. O'Connor, Francis. Et.al. SPORTS MEDICINE. Editorial McGraw-Hill. 2005. p.p.141-149.
27. Simao, Roberto, Et. al. Comportamiento del doble-producto en diferentes posiciones corporales en los ejercicios contra-resistencia. Colegio Brasileiro de Atividade Física, Saúde e Esporte. 2003.
28. Serratos Fernández, Luis. *Adaptaciones Cardiovasculares del Deportista*. Centro de Medicina del Deporte. CARICD. Consejo Superior de Deportes. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Madrid, España.
29. Gomez, M.V *Estudio de perfusión miocárdica en pacientes que no alcanzan la frecuencia submáxima en la ergometría*. Servicio de Cardiología Hospital Carlos III, Madrid España. 2012.
30. Cardiología hoy. Resumen anual de los avances en investigación y cambios en la práctica clínica. 2011p.p. 286-290.
31. Pugh. OXYGEN INTAKE IN TRACK AND TREADMILL RUNNING OBSERVATIONS ON THE EFECT OF AIR RESISTANCE. National institute for medical research, London. 1969.

XII. ANEXOS

ANEXO 1. HISTORIA CLÍNICA



Historia Clínica: Atención de Medicina del Deporte

Secretaría de Docencia
Facultad de Medicina
Centro de Medicina de la Actividad Física y el Deporte



Versión Vigente No. 01

Fecha: 26/08/2013

I.D. _____ Fecha: _____
 Nombre del paciente: _____ Hora: _____
 Lugar y fecha de Nacimiento: _____
 Etnia: _____ Sexo: F ___ M ___ Edad: _____ años Estado civil: _____
 Ocupación: _____ Lado dominante: _____

ANTECEDENTES FAMILIARES

Padecimiento	Abuelos				Padre	Madre	Hermanos	Tios		Otros
	Paternos		Maternos					Paternos	Maternos	
	Abuelo	Abuela	Abuelo	Abuela						
Cardiopatías										
Diabetes										
Obesidad										
I.A.M.										
H.A.S.										
Cáncer										
Muerte súbita										
Otros										

ANTECEDENTES PERSONALES NO PATOLÓGICOS

Alcoholismo	Tabaquismo	Drogadicción	Inmunizaciones	Higiene	Dietéticos
-------------	------------	--------------	----------------	---------	------------

Observaciones: _____

ANTECEDENTES PERSONALES PATOLÓGICOS

H.A.S.	D.M.	I.A.M.	Cáncer	Obesidad	Alergias	Lipotimias	Convulsiones	Asma	Anemia				
Venéreas		Hemorrágicos		Quirúrgicos		Hepatitis		Transfusiones		Exantemáticas		Otras	

Observaciones: _____

ANTECEDENTES GINECOOBSTÉTRICOS

Menarca	F.U.M.	Ritmo	Flujo menstrual	I.V.S.A	No. Parejas	G	P	C	A	M.P.F.	D.O.C.	Trastornos menstruales
---------	--------	-------	-----------------	---------	-------------	---	---	---	---	--------	--------	------------------------

ANTECEDENTES TRAUMATOLÓGICOS

Fracturas	Luxaciones	Esguinces	Contracturas	Desgarros	Contusiones	T.C.E.
-----------	------------	-----------	--------------	-----------	-------------	--------

Observaciones: _____

ANTECEDENTES DEPORTIVOS

Deportes anteriores: _____ Edad de inicio: _____
 Deporte actual: _____ Equipo: _____ Posición o prueba: _____
 Categoría: _____ Entrenador: Sí ___ No ___
 Resultados y/o records obtenidos: _____
 Mejor marca de la temporada actual o inmediata anterior: _____
 Horas de entrenamiento a la semana: _____ Método: _____ Tiempo que lleva entrenando (a,m,d) _____





GONIOMETRÍA

Articulación: _____

Movimiento	Derecho			Izquierdo			Movimiento	Derecho			Izquierdo		
	TM	Grados	G	G	Grados	TM		Grados	G	G	Grados		
Flexión							Rotación Interna						
Extensión							Rotación Externa						
Abducción							Pronación (Ever...)						
Aducción							Supinación (Inv...)						

G=marcar cuando el movimiento sea con fuerzas intervinientes de la gravedad
 TM: tipo de movimiento, opciones: P=pasivo; A= activo

Odontograma:

												Caries		SI	NO	Obturados		SI	NO												
												<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																
ADULTO																PEDIÁTRICO															
DERECHO												VESTIBULAR								VESTIBULAR				IZQUIERDO							
18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28	55	54	53	52	51	61	62	63	64	65						
LINGUALES																				LINGUALES											
48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38	85	84	83	82	81	71	72	73	74	75						
												VESTIBULAR								VESTIBULAR											

Gabinete y laboratorio: _____

Impresión diagnóstica: _____

Tamizaje de riesgo C.V.: _____ Clasificación NYHA _____ No aplica _____

Tratamiento: _____

Pronóstico: _____

Observaciones y recomendaciones: _____

 Médico tratante
 Cédula profesional

 Yo entrevistado hago constar que los datos
 aquí asentados son verídicos



ANEXO 3. REPORTE DE PRUEBA DE ESFUERZO



Prueba de Esfuerzo: Atención de Medicina del Deporte

Secretaría de Docencia
Facultad de Medicina
Centro de Medicina de la Actividad Física y el Deporte



Versión Vigente No. 01

Fecha: 26/08/2013

Nombre: _____ Fecha: Toluca México a ...

Motivo del estudio: _____ Problema clínico _____ Evaluación _____ Hora: _____

Edad: _____ años Sexo: _____ Femenino _____ Masculino _____

Tipo de Actividad Física: Deporte: _____ o actividad física _____
Cual: Inactivo _____ Irregularmente activo _____ Regularmente activo _____ Muy activo _____ Fitness _____

BASAL

F.C.	Ritmo	Eje aQRS	PR	QRS	QT	QTc	ST	T

Observaciones:

Interpretación:

PREESFUERZO

F.C.	Ritmo	Eje aQRS	PR	QRS	QT	QTc	ST	T

Prueba de esfuerzo en: Con protocolo de:

OBTENIENDOSE LOS SIGUIENTES RESULTADOS

DURANTE EL ESFUERZO

Etapa	Basal	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
F.C.										
T.A.										

POST-ESFUERZO

Tiempo	1'	3'	5'	6'	9'	12'
F.C.						
T.A.						

POST-ESFUERZO

F.C.	Ritmo	Eje aQRS	PR	QRS	QT	QTc	ST	T

Interpretación en esfuerzo y post esfuerzo:

SpO2: Preesfuerzo: _____ % Final post-esfuerzo: _____ %





Prueba de Esfuerzo: Atención de Medicina del Deporte

Secretaría de Docencia
Facultad de Medicina
Centro de Medicina de la Actividad Física y el Deporte



Versión Vigente No. 01

Fecha: 26/08/2013

El estudio se suspendió al minuto, de la etapa.

Por:

Alcanzó una frecuencia cardiaca de: latidos por minuto, con el % de su frecuencia cardiaca máxima teórica.

Y un consumo energético de METs; con un VO_2 _____ de ml/kg.

Clase funcional Tensión arterial máxima de: mmHg.

Doble producto: Respuesta presora: ___ Normal ___ Hipotensora ___ Hipertensora

DIAGNÓSTICO Y CONCLUSIONES:

Sugerencias:

Observaciones:

Médico responsable del estudio:

Cedula profesional:

NOTA: Validez del resultado 6 meses a partir de la fecha de emisión; posterior a dicha fecha se requiere repetir el estudio

_____ 2/2 _____

Eduardo Monroy Cárdenas s/no.
Col. San Buenaventura;
Toluca México. C.P. 50110.

