

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA
COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS AVANZADOS
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS AVANZADOS
COORDINACIÓN DE LA ESPECIALIDAD EN MEDICINA DE LA ACTIVIDAD
FÍSICA Y EL DEPORTE
DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN PROFESIONAL.



“DESCENSO DE LA FRECUENCIA CARDIACA DURANTE EL PRIMER MINUTO DE RECUPERACIÓN POSTERIOR A REALIZAR UNA PRUEBA DE ESFUERZO EN BANDA SIN FIN EN BOXEADORES AMATEURS Y PROFESIONALES DE TOLUCA 2013”.

CENTRO DE MEDICINA DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE.

T E S I S

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

PRESENTA:

M.C. ANTONIO ALEJANDRO BECERRIL GARDUÑO.

DIRECTOR DE TESIS

M. en S. P. SALVADOR LÓPEZ RODRÍGUEZ

REVISORES DE TESIS

E.M.D. HÉCTOR MANUEL TLATOA RAMÍREZ.

M. en I.C. GUSTAVO SALAZAR CARMONA

E.M.D. JOSE ANTONIO AGUILAR BECERRIL.

E.M.D. SALOMÓN SÁNCHEZ GÓMEZ.

TOLUCA, ESTADO DE MEXICO., 2014

“DESCENSO DE LA FRECUENCIA CARDIACA DURANTE EL PRIMER MINUTO DE RECUPERACIÓN POSTERIOR A REALIZAR UNA PRUEBA DE ESFUERZO EN BANDA SIN FIN EN BOXEADORES AMATEURS Y PROFESIONALES DE TOLUCA 2013”.

ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN.	5
1 MARCO TEÓRICO.	6
1.1 Boxeo Profesional	6
1.2 Boxeo Aficionado o Amateur	8
1.3 Categorías de Peso Amateur	9
1.4 Sistemas Energéticos	10
1.5. Sistema de los fosfágenosATP-FC.	10
1.6Glucólisis Anaeróbica.	10
1.7Energía a largo plazo (sistema aeróbico).	11
1.8Continuum energético.	12
1.9Sistema Principal de Aporte de Energía por Tiempo	12
1.10 Clasificación de los Deportes	13
1.10.1 Porcentaje aeróbico-anaeróbico	14
1.11 Inervación Cardíaca	15
1.12 Sistema Conductor Cardíaco	15
1.13Nodo Sinusal	15
1.14Vías Internodales	16
1.15Nódulo atrio-ventricular	16
1.16Fascículo atrio-ventricular (Purkinje)	16
1.17Configuración del músculo cardíaco	17
1.18Propiedades eléctricas del músculo cardíaco	17
1.19Propiedades de la célula cardíaca	18
1.19.1 Automaticidad	18
1.19.2Excitabilidad	18
1.19.3Conductibilidad	18
1.19.4 Contractibilidad	19
1.20.Cronotropismo	19
1.21Recuperación de la Frecuencia Cardíaca Postesfuerzo HHR	23

1.22 Maniobra de Valsalva	29
1.23 Protocolo de Pugh	30
1.24 Muerte Súbita	31
1.25 Arritmias	32
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	34
3. JUSTIFICACIÓN.	35
4. HIPÓTESIS.	36
5. OBJETIVOS.	37
6. MATERIAL Y MÉTODOS	38
7. CRITERIOS DE SELECCIÓN	39
8. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	40
9. DESARROLLO DEL PROYECTO	41
10. CONSIDERACIONES ETICAS	43
11. MATERIAL Y EQUIPO	44
12. ESTADÍSTICA	45
13. RESULTADOS	46
GRÁFICAS	48
Gráfica I. Porcentaje de Boxeadores con Tasa de Recuperación Cardíaca al Primer Minuto Postesfuerzo Menor a 12 Latidos	48
Gráfica II. Tasa de Recuperación Cardíaca al Primer Minuto Postesfuerzo por Categoría de Peso	49
Gráfica III. Tasa de Recuperación Cardíaca al Primer Minuto Postesfuerzo por Años de Entrenamiento	50
Gráfica IV. Tasa de Recuperación de la Frecuencia Cardíaca al Primer Minuto Postesfuerzo en Boxeadores Amateurs y Profesionales	51
Gráfica V. Tasa de Recuperación de la Frecuencia Cardíaca al Primer Minuto Postesfuerzo en Boxeadores por Género	52
Gráfica VI. Recuperación Cardíaca al Primer Minuto Postesfuerzo	53
Gráfica VII. Tasa de recuperación de la frecuencia Cardíaca al primer minuto postesfuerzo en el grupo de boxeadores evaluados.	54

14. DISCUSIÓN	55
15. CONCLUSIONES	57
16. SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES	59
17. BIBLIOGRAFÍA	61
18. ANEXOS	64

AGRADECIMIENTOS.

A DIOS POR GUIAR MIS MANOS, MI CORAZÓN Y MI MENTE EN ESTA HERMOSA PROFESIÓN.

PRINCIPALMENTE DEDICO ESTE ESFUERZO A LA MUJER DE MI VIDA A TI AMADA ESPOSA POR LLORAR, REÍR Y LUCHAR CADA INSTANTE A MI LADO AMÁNDOME COMO SOLO TU LO PUEDES HACER, NO CABRÍA EN UNA VIDA MI GRATITUD TE AMO.

A MI HIJO TOÑITO QUIEN ES MI ADORACIÓN Y MI MOTOR PARA LUCHAR POR SER MEJOR CADA DÍA DISCULPÁNDOME MI NIÑO POR EL TIEMPO QUE NO TE HE DEDICADO EN EL AFÁN DE SER ALGUIEN DE QUIEN ESTÉS ORGULLOSO.

A TI MADRE POR CADA ESFUERZO QUE HICISTE AL CARGARME EN HOMBROS POR CADA ESCALÓN DE LA CUESTA HASTA DONDE ESTOY HOY EN DÍA.

A MI WICHO POR SER MI MAESTRO, EJEMPLO Y COMPAÑERO DE VIDA TE QUIERO Y TE ADMIRO HERMANO.

A TI PADRE QUE TE ADELANTASTE UN POCO EN EL CAMINO SOLO ME RESTA DECIRTE “PALABRA CUMPLIDA” MI VIEJO.

A MIS CATEDRÁTICOS EN ESPECIAL A MI DIRECTOR DE TESIS DR. SALVADOR LÓPEZ RODRÍGUEZ, QUIENES DURANTE ESTOS TRES AÑOS TUVIERON LA PACIENCIA Y LA HUMILDAD PARA TRANSMITIRME SUS CONOCIMIENTOS, SU PASIÓN Y SU ENTREGA HACIA LA ESPECIALIDAD.

A MI DIRECTOR DR. HÉCTOR MANUEL TLATOA RAMÍREZ POR DARME LA CONFIANZA PARA INGRESAR A LA ESPECIALIDAD Y POR LA OPORTUNIDAD DE APRENDER DE SU AMPLIA EXPERIENCIA.

A LA FAMILIA GÓMEZ GARDUÑO EN ESPECIAL A MI TÍO ARMANDO POR SUS CONSEJOS, SU CARIÑO Y SU AYUDA INCONDICIONAL.

A LA FAMILIA MORENO ANAYA POR EL PRIVILEGIO DE FORMAR PARTE DE USTEDES EN ESPECIAL A DON RAMÓN POR SER MÁS QUE UN SUEGRO, UN PADRE PARA MI.

AL MAESTRO ALEJANDRO VIEYRA POR SU GRAN CALIDAD HUMANA Y LA AYUDA PROFESIONAL BRINDADA A UN SERVIDOR.

A LA FAMILIA MOLINA ORTA EN ESPECIAL A MI GRAN AMIGO EDER, DEMOSTRANDO QUE NI LA DISTANCIA NI EL TIEMPO CAMBIAN UNA VERDADERA AMISTAD.

A MIS MUY QUERIDOS AMIGOS MIGUEL Y JAZMÍN POR TODO LO VIVIDO LOS QUIERO MUCHO "VECINOS".

AL ENTRENADOR DE BOXEO JAVIER GONZÁLEZ GRACIAS POR TU AMISTAD MI CAMPEÓN.

A IBETH ZAMORA POR LA GRAN EXPERIENCIA QUE HA SIDO PERTENECER A SU EQUIPO DE TRABAJO Y POR SU AMISTAD.

A MIS COMPAÑEROS DE ESPECIALIDAD POR COMPARTIR ESTOS TRES AÑOS CONMIGO Y A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE ME HAN APOYADO Y QUE ESCAPAN A LA MEMORIA EN ESTOS MOMENTOS.

RESUMEN

Título: “Descenso de la frecuencia cardiaca durante el primer minuto de recuperación posterior a realizar una prueba de esfuerzo en banda sin fin en boxeadores amateurs y profesionales de Toluca 2013”.

Autores: M.C. Antonio Alejandro Becerril Garduño.

EMD. Salvador LópezRodríguez.

Introducción: El monitoreo de la frecuencia cardiaca de recuperación al primer minuto postesfuerzo es una herramienta accesible, no invasiva y muy útil para el médico del deporte, entrenador y preparador físico ya que proporciona datos importantes sobre la integridad cardiovascular así como el nivel de aptitud física del atleta y el progreso durante las diferentes etapas de su entrenamiento, y nos alerta para predecir posibles factores de riesgo de muerte súbita.

Objetivo: Analizar el descenso de la frecuencia cardiaca en los boxeadores evaluados durante el primer minuto de recuperación postesfuerzo.

Material y métodos: Es un estudio observacional, descriptivo y transversal en donde se estudió una población de 30 boxeadores amateurs y profesionales de Toluca a los que se les realizó prueba de esfuerzo máxima en banda sin fin con protocolo de Pugh, se registro la frecuencia cardiaca máxima alcanzada durante el esfuerzo y se comparó con la frecuencia cardiaca obtenida al minuto postesfuerzo, considerando valores bajos de frecuencia cardiaca de recuperación al primer minuto postesfuerzo a aquellos que tuvieran un descenso de 12 o menos latidos por minuto, ya que se asocian a mortalidad.

Resultados: Se realizó el análisis de las gráficas, donde se encontró que el 93% de los evaluados obtuvo una recuperación de la frecuencia cardiaca al minuto postesfuerzo de más de doce latidos, por categorías de peso el grupo de pesos bajos tuvo una mejor recuperación respecto a pesos medios y pesos pesados, por tiempo de inicio del entrenamiento el grupo que tenía un año de entrenando tuvo la mejor recuperación, los boxeadores amateurs presentaron una mejor recuperación que los profesionales, el grupo femenino obtuvo una menor recuperación que el masculino, por rangos de edad el grupo de 15 a 21 años obtuvo la mayor recuperación.

Conclusiones: Nuestra hipótesis fue superada en relación al porcentaje planteado por tres puntos porcentuales, siendo el 93% de los boxeadores evaluados los que presentaron frecuencia cardiaca de recuperación al primer minuto postesfuerzo mayor a 12 latidos por minuto, lo cual apoyado en la literatura médica relacionada con el tema es un indicador de integridad cardiovascular.

No se encontraron estudios específicos de la recuperación de la frecuencia cardiaca al primer minuto postesfuerzo en el boxeo con los cuales se pudiera comparar los resultados obtenidos en el presente estudio.

Sugerencias: La frecuencia cardiaca de recuperación debe tomarse en cuenta como un parámetro objetivo de la valoración funcional de un atleta sobre todo en aquellas actividades deportivas donde la exigencia cardiovascular es alta y existe riesgo de sufrir muerte súbita, además es un parámetro útil para llevar un seguimiento médico deportivo en las distintas etapas del entrenamiento del atleta para observar el progreso de su capacidad física y alertarnos en relación a un posible sobreentrenamiento.

Si se detecta una baja frecuencia cardiaca de recuperación al minuto postesfuerzo se deben practicar al atleta estudios de mayor especificidad y sensibilidad.

SUMMARY

Title: "Decreased heart rate during the first minute of recovery following a stress test performed on treadmill in amateur and professional boxers Toluca 2013".

Authors: M.C. Antonio Alejandro Becerril Garduño.
E.M.D. Salvador López Rodríguez.

Introduction: Monitoring the heart rate recovery post-exercise a one minute is an accessible tool, noninvasive and very useful for sports doctor, coach and trainer as it provides important information about the cardiovascular integrity and the physical fitness level of the athlete and progress at different stages of their training, and alerts us to predict potential risk factors for sudden death.

Objective: Analyze the decrease in heart rate in boxers evaluated during the first minute of post-exercise recovery.

Material and Methods: It is an observational, descriptive, cross-sectional study in which a population of 30 amateur boxers and professional Toluca those who underwent maximal exercise testing on treadmill with protocol Pugh was studied, the maximum heart rate achieved during it record the effort and compared with the heart rate at postexertional minute low values considering recovery of heart rate in the first minute I postexertional drive those with a decrease of 12 or fewer beats per minute, and associated mortality.

Results: Analysis of graphs, which found that 93% of those tested scored a recovery heart rate at postexertional minute over twelve beats, by weight category group low weights was performed had a better recovery from pesos medium and heavy weights, for the start of training time the group had a year of training had the best recovery,

amateur boxers showed better recovery than the professionals, the female group scored lower recovery than men, by age the 15 to 21 years had the highest recovery.

Conclusions: Our hypothesis was overtaken on the percentage raised by three percentage points, with 93% of boxers evaluated presented heart rate recovery to the first major post-exercise minute to 12 beats per minute, which supported in the medical literature related to the subject is an indicator of cardiovascular integrity.

No specific studies of heart rate recovery at one minute post-exercise in boxing with which you could compare the results obtained in the present study were found.

Suggestions: Heart rate recovery should be considered as an objective parameter of the functional assessment of an athlete especially in those sports where cardiovascular demand is high and there is risk of sudden death, it is also a useful parameter to bring medical monitoring sports at various stages of training the athlete to monitor the progress of their physical ability and alert regarding a possible overtraining.

If a low heart rate recovery post-exercise minute to detect the athlete should practice studies higher specificity and sensitivity.

INTRODUCCIÓN.

El presente trabajo tiene como fin realizar un análisis sobre la importancia de la frecuencia cardiaca de recuperación como parte de la evaluación funcional del deportista ya que siendo el boxeo un deporte clasificado dentro del área de combate, que requiere un amplio desarrollo de diversas capacidades físicas, como fuerza, resistencia, potencia, entre otras y se caracteriza por un alto nivel de exigencia cardiovascular, se ha dado énfasis a las frecuencias cardiacas en promedio que pueden alcanzar estos deportistas y a las lesiones producidas por los golpes, pero no se ha dado énfasis a la frecuencia cardiaca de recuperación que es un parámetro que la literatura médica considera sumamente útil en el pronóstico de integridad cardiovascular y como un confiable predictor de mortalidad e incluso se le puede utilizar como indicador de rendimiento físico.

En la actualidad observamos el gran impacto y dramatismo que implica una muerte súbita dentro del deporte, por lo que la medicina deportiva ha avanzado enormemente y se cuentan dentro del screening cardiovascular con invaluable herramientas como la tasa cardiaca de recuperación al primer minuto para alertar al médico a realizar estudios más a fondo del funcionamiento cardiovascular del atleta.

En el presente estudio se obtendrá la tasa de recuperación de la frecuencia cardiaca al primer minuto de recuperación pos esfuerzo máximo, no sin antes recordar que una tasa es la relación proporcional entre dos magnitudes, por lo que esta relación será entre la frecuencia cardiaca máxima de esfuerzo y la frecuencia cardiaca al minuto de recuperación. Estudios previos han sugerido una tasa de recuperación de la frecuencia cardiaca más rápida después del ejercicio en los atletas bien entrenados e individuos con buena aptitud física. En el presente estudio, se investigara la tasa de recuperación en atletas de boxeo amateur y profesional basándose en una prueba de esfuerzo máxima con el protocolo de Pugh.

1. MARCO TEÓRICO.

El **boxeo** (del inglés *boxing*), también llamado a veces **boxeo inglés** o **boxeo irlandés**, y coloquialmente conocido como **box**, es un deporte de combate en el que dos contrincantes luchan utilizando únicamente sus puños con guantes, golpeando a su adversario de la cintura hacia arriba, dentro de un cuadrilátero especialmente diseñado a tal fin, en breves secuencias de lucha denominadas asaltos o *rounds* y de acuerdo a un preciso reglamento, el cual regula categorías de pesos y duración del encuentro, entre otros aspectos.

Tradicionalmente ha sido considerado como una práctica deportiva exclusivamente masculina, afectada legal y culturalmente por prejuicios de género. El reconocimiento de los derechos de las mujeres y los avances en la lucha contra la discriminación, han permitido que en las últimas décadas se registrara un auge del boxeo femenino, por lo que los Juegos Panamericanos de 2011 y los Juegos Olímpicos de Verano de 2012 incluyeron el boxeo femenino en varias categorías. (1)

1.1 BOXEO PROFESIONAL.

Los encuentros en el boxeo profesional son generalmente mucho más largos que las peleas del boxeo aficionado. Típicamente se realizan combates en el rango de diez a doce asaltos, aunque cuatro asaltos peleados son comunes para peleadores de menos experiencia y boxeadores de grupos deportivos.

Quince asaltos se mantuvo como el límite internacional reconocido para peleas de campeonatos durante la mayor parte del siglo XX, hasta la parte tardía de la década de los años 80, cuando los encuentros de campeonato fueron recortados a doce asaltos para mejorar la protección a los participantes.

Los protectores de cabeza no son permitidos en encuentros profesionales, y a los boxeadores por lo general se les permite recibir mucho más castigo antes de que se detenga la pelea. Aunque en cualquier momento, el árbitro puede detener el combate, si cree que uno de los participantes no puede defenderse por causa de lesión.

Si un púgil, simplemente decide no continuar peleando, o si su esquina detiene la pelea, entonces el boxeador ganador es también acreditado con la victoria por nocaut técnico. A diferencia del boxeo aficionado los boxeadores masculinos profesionales tienen que llevar el pecho al descubierto. (1)

Las siguientes son 17 categorías existentes en el boxeo profesional:

- Mínimo o paja - menos de 47.7 kg (105 lb)
- Minimosca o mosca junior- 49 kg (108 lb)
- Mosca - 50,8 kg (112 lb)
- Supermosca o gallo junior- 52,2 kg (115 lb)
- Gallo - 53,5 kg (118 lb)
- Supergallo o pluma junior- 55,3 kg (122 lb)
- Pluma - 57,2 kg (126 lb)
- Superpluma o ligero junior - 59 kg (130 lb)
- Ligero - 61,2 kg (135 lb)
- Superligero o welter junior - 63,5 kg (140 lb)
- Wélter o medio mediano- 66,7 kg (147 lb)
- Superwélter o medio juniors - 69,9 kg (154 lb)

- Mediano - 72,6 kg (160 lb)
- Supermediano - 76,2 kg (168 lb)
- Mediopesado - 79,4 kg (175 lb)
- Crucero - 90,72 kg (200 lb). Solo para varones.

Peso pesado:

Varones: +90,72 kg (+200 lb)

Mujeres: +79,37 kg (+175 lb) (1)

1.2 BOXEO AFICIONADO O AMATEUR.

El boxeo aficionado puede ser encontrado a nivel colegial, en los Juegos Olímpicos, en los Juegos Panamericanos, y en muchos otros lugares regulados por las asociaciones de boxeo aficionado.

El boxeo aficionado tiene un sistema de puntaje que mide el número de golpes limpios aterrizados, más que el daño físico.

Los encuentros consisten de cuatro asaltos de dos minutos en los Juegos Olímpicos, en los Juegos Panamericanos, y de tres asaltos de dos minutos cada uno en un encuentro nacional regulado por la Asociación de Boxeo Aficionado o ABA (*Amateur Boxing Association*), cada uno con un minuto de intervalo entre asaltos. (1)

Los competidores visten protectores de cabeza y guantes con una franja blanca en los nudillos. Un golpe (*punch*) es considerado un golpe anotador sólo cuando los boxeadores conectan con la porción blanca de los guantes. Cada golpe que aterriza en la cabeza o torso gana un punto. Un árbitro monitorea la pelea para asegurar que los competidores utilicen sólo golpes legales (un cinturón en el torso representa el

límite bajo de golpes – cualquier boxeador que golpee bajo (bajo el cinturón) es descalificado.

Los árbitros detendrán la pelea si el púgil está seriamente herido, si uno de los boxeadores está dominando en forma considerable al otro o si el marcador es drásticamente desbalanceado.

Peleas no profesionales que terminan en ésta manera pueden ser denominadas como: “Árbitro detuvo el combate” (*RSC, referee stopped contest*), “Mayor clase de contrincante” (*RSCO, outclassed opponent*), “Mayor marcador del contrincante” (*RSCOS, outscored opponent*), “Lesión” (*RSCI, injury*) o “Herida de cabeza” (*RSCH, head injury*). (1)

1.3 CATEGORÍAS DE PESO AMATEUR.

Peso mosca ligero	48 Kg
Peso mosca	51 Kg
Peso gallo	54 Kg
Peso pluma	57 Kg
Peso ligero	60 Kg
Peso superligero	64 Kg
Peso welter	69 Kg
Peso medio	75 Kg
Peso semipesado	81 Kg
Peso pesado	91 Kg
Peso superpesado	+91 Kg

(1)

1.4 SISTEMAS ENERGÉTICOS

Se pueden satisfacer los diversos requerimientos de energía porque existen tres formas diferentes claramente definidas por medio de las cuales se puede proveer energía a los músculos para el trabajo.(2)

1. Sistema anaeróbico-aláctico o sistema de los fosfágenos (ATP-PC) o (ATP(adenosíntrifosfato) -FC = PC (fosfocreatina o creatinfosfato).
2. Sistema anaeróbico láctico y/o sistema de ácido láctico y/o glucólisis anaeróbica.
3. Sistema aeróbico u oxidativo.(2)

1.5 Sistema de los fosfágenosATP-FC.

- Sistema de aporte energético más inmediato:
- Inicia una actividad física.
- Energía sin necesidad de oxígeno y sin producir sustancias residuales.
- Los sustratos más importantes son el ATP y PC.
- Todos tienen enlaces fosfatos de alta energía.
- $ATP \rightarrow ADP + P + \text{ENERGÍA} \rightarrow \text{Contracción muscular.}$

(2,3,4)

1.6 Glucólisis anaeróbica.

En este sistema los hidratos de carbono pueden metabolizarse en el citosol de la célula muscular para obtener energía sin que participe directamente el oxígeno. (1)

Tiene tres funciones principales:

- La generación de moléculas de alta energía (ATP y NADH) como fuente de energía celular.
- La generación de piruvato que pasará al Ciclo de Krebs, como parte de la respiración aeróbica.
- La producción de intermediarios de 6 y 3 carbonos que pueden ser ocupados por otros procesos celulares (2)

La importancia de este sistema radica:

Tiene la capacidad de suministrar una rápida provisión de energía en forma de ATP por períodos de entre 30 segundos y 3 minutos.(3,4)

Una limitación de este sistema es que la descomposición parcial de la glucosa produce ácido láctico que provoca una acidosis metabólica con consecuencias en el funcionamiento normal de la célula; además, cuando se acumula en los músculos y en la sangre se produce una instauración progresiva de fatiga muscular y por lo tanto el cese del trabajo muscular. (3)

1.7 Energía a largo plazo (sistema aeróbico).

El glucógeno se oxida a través de la glucólisis aeróbica, el ciclo de Krebs de las mitocondrias y el sistema de transporte de electrones, además las grasas y las proteínas utilizan estos últimos para la producción de ATP. (3)

En organismos aeróbicos el ciclo de Krebs es parte de la vía catabólica que realiza la oxidación de hidratos de carbono, ácidos grasos y aminoácidos hasta producir CO₂ y agua, liberando energía en forma utilizable (poder reductor y ATP).

(3,4)

1.8 CONTINUUM ENERGÉTICO.

- Es un concepto que vincula la forma en que se suministra el ATP y la interacción de los sistemas energéticos.
- Vincula la forma de participación de los distintos sistemas energéticos y el tipo de actividad física que se realiza. (2,4)

Existe por lo tanto un continuum energético que tiene en un extremo actividades físicas breves pero de gran intensidad, en las cuales el sistema de fosfágeno aporta la mayor parte del ATP. (4)

En el otro extremo se encuentran las actividades de larga duración e intensidades bajas suplidas casi exclusivamente por el sistema aeróbico.

En el centro de este continuum se encuentran las actividades físicas que dependen en gran medida del sistema de ácido láctico para la obtención de energía; aquí se encuentran ubicadas las actividades físicas que requieren una combinación del metabolismo aeróbico y anaeróbico. (3)

1.9 SISTEMA PRINCIPAL DE APORTE DE ENERGÍA POR TIEMPO

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)

(2)

1.10 CLASIFICACIÓN DE LOS DEPORTES

Si agrupamos los deportes en relación con su componente dinámico y estático según la clasificación de Mitchell, podemos establecer 9 subgrupos que engloban desde deportes con bajo componente dinámico y estático (IA) y muy baja demanda cardiovascular, hasta deportes con gran componente dinámico y estático (IIIC) y muy alta demanda cardiovascular.

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

Aprobada en la 36ª Conferencia de Bethesda y publicada en *Journal of the American College of Cardiology*.

1.10.1 PORCENTAJE AERÓBICO-ANAERÓBICO.

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

(2)

1.11 INERVACIÓN CARDIACA.

Simpática: ganglio cervical, utiliza a la noradrenalina como neurotransmisor.

Parasimpática nervio vago, utiliza acetilcolina como neurotransmisor. (5)

1.12 SISTEMA CONDUCTOR CARDIACO.

Anatomía del sistema excito conductor cardiaco.

Este sistema se compone de células musculares cardíacas y fibras de comunicación (no se trata de tejido nervioso), y están específicamente en el inicio de los impulsos y en la conducción rápida a través del corazón. Este sistema coordina la contracción de las cuatro cavidades cardíacas. Los dos atrios se contraen al mismo tiempo, al igual que los ventrículos, pero la contracción atrial ocurre antes. El sistema de conducción entrega al corazón este automatismo y ritmicidad en los latidos. Para que el corazón bombee eficazmente la sangre y pueda realizar su acción sobre las circulaciones sistémicas y pulmonar, es necesario coordinar todos los acontecimientos del ciclo cardíaco. (6)

1.13 Nódulo Sinusal.

Esta agrupación de fibras especializadas del músculo cardíaco (tejido nodal), en la pared de la aurícula derecha inicia los impulsos para la contracción del corazón.

El nódulo sinusal es el marcapaso natural del corazón. (6)

Recibe inervación de las dos divisiones del sistema nervioso autónomo.

Este nódulo emite impulsos con una frecuencia aproximada de 70 impulsos por minuto en la mayoría de las personas.

La velocidad con la que se producen impulsos en el nódulo puede variar por estimulación nerviosa: La estimulación simpática acelera la frecuencia y la estimulación parasimpática la frena. (5,6)

1.14 Vías internodales

Conducen el impulso desde el nodo sinusal atravesando ambos atrios hasta el nodo atrio-ventricular.

1.15 Nódulo atrio-ventricular

Esta agrupación de tejido nodal, mucho más pequeño, se compone de células especializadas de músculo cardíaco y está situada en el tabique interatrial, en la cara ventricular del orificio del seno coronario.

Los impulsos de las fibras del músculo de los dos atrios convergen en el nódulo atrio-ventricular que los distribuye en los ventrículos a través del fascículo atrio-ventricular.

El nódulo atrio-ventricular conduce los impulsos más lentamente.(5.7)

1.16 Fascículo atrio-ventricular (Purkinje).

Esta agrupación de fibras especializadas del músculo de conducción, que se denomina a menudo fibras de Purkinje se originan en el nódulo atrio-ventricular y discurre por la porción membranosa del tabique interventricular.

El fascículo atrio-ventricular se divide en la unión de las porciones muscular y membranosa del tabique interventricular en sus ramas derecha e izquierda, cada rama camina en la profundidad del endocardio y por las paredes de los ventrículos.

La rama de derecha del fascículo Av inerva el músculo del tabique interventricular, el músculo papilar anterior y la pared del ventrículo derecho.

La rama izquierda del fascículo AV se distribuye por el tabique interventricular , músculos papilares y la pared del ventrículo izquierdo. (7)

1.17 CONFIGURACIÓN DEL MÚSCULO CARDIACO.

Las fibras musculares cardíacas se diferencian en forma y calibre de las fibras musculares esqueléticas. En un corte transversal son mas irregulares, y en un corte longitudinal, en que las fibras corren casi paralelas, emiten en los extremos ramificaciones características en ángulo agudo que se unen a la fibras vecinas.

Las células musculares cardíacas poseen un sarcolema semejante a las fibras musculares esqueléticas, pero el sarcoplasma es mas abundante.

Un rasgo característico lo constituyen los discos intercalares que se visualizan como líneas gruesas, transversales, a intervalos regulares. (5,7,6)

1.18 PROPIEDADES ELÉCTRICAS DEL MÚSCULO CARDIACO.

La célula cardiaca en su interior posee una gran cantidad de iones, los mismo que están en el líquido extracelular, salvo que en diferentes concentraciones. Los tres iones que influyen en el proceso de conducción son el sodio (Na^+), el potasio (K^+) y el calcio (Ca^{++}). (8)

Se considera que en la célula cardiaca en el período de reposo, en el interior de su membrana está cargada negativamente y el exterior de la membrana positivamente. (8)

Los movimientos de los iones a través de los canales ubicados en la membrana celular van a producir la despolarización y repolarización de la célula cardiaca:

A) La entrada rápida de iones de sodio al interior de la célula va a producir un período de despolarización rápida de la misma, que no es sino la inversión de las cargas de la membrana celular (Interior positivo y exterior negativo), esta entrada de iones se produce por la abertura de los canales rápidos de sodio. (8,9)

B) La despolarización rápida va seguida de una despolarización lenta que se produce Por la abertura de los canales lentos de Sodio-Calcio.

C) El proceso de vuelta a la normalidad de la membrana es conocido como repolarización, que se produce por la salida del sodio desde la célula y entrada de potasio del exterior lo que conlleva a la normalización de las cargas de membrana (exterior positivo e interior negativo). (8,9)

1.19 PROPIEDADES DE LA CÉLULA CARDIACA.

1.19.1 Automaticidad:

El sistema nervioso no va a influir en el comienzo, ni en el mantenimiento de la actividad del corazón. La mayor automaticidad se haya en las células marcapaso del nodo sinusal.

1.19.2 Excitabilidad:

A través de un cambio brusco de potencial eléctrico, las células cardíacas pueden responder a un estímulo eléctrico; el potencial eléctrico de las células se altera variando su composición iónica y su polaridad.

1.19.3 Conductibilidad:

Las células cardíacas transfieren tan rápidamente el impulso hacia las células vecinas, que pareciera que todas las áreas del corazón se despolarizan a la vez.

1.19.4 Contractibilidad:

Capacidad de contraerse frente a un estímulo. (10)

1.20 CRONOTROPISMO.

Propiedad por la cual algunas células cardíacas presentan la capacidad de generar despolarizaciones rítmicas de su potencial de membrana (denominados **potenciales marcapasos**) que son propagados en todas direcciones, marcando el ritmo de despolarización del resto de las células cardíacas y en consecuencia el ritmo de contracción.

Aunque en determinadas circunstancias todas las células cardíacas pueden generar potenciales marcapasos, en condiciones normales el marcapaso del corazón es el nódulo sinusal (SA) su frecuencia espontánea de potenciales de acción es de 70 a 80 por minuto. (10)

Este nódulo activa al resto de las células excitables desencadenando la aparición de potencial de acción en cada una de ellas antes de que espontáneamente alcancen su umbral de activación.

Si por cualquier circunstancia falla el marcapaso del nódulo sinusal, las células del nódulo atrio-ventricular descargan con una frecuencia espontánea de 40 a 60 potenciales de acción por minuto y las de Purkinje de 20 a 30 (marcapasos ideoventriculares). (11)

También las células contráctiles pueden en circunstancias excepcionales presentar despolarización diastólica y transformarse en marcapasos del corazón (marcapasos ectópicos). (10,11)

El gradiente de potencialidad de marcapasos sigue el siguiente esquema: nodo SA> fascículo internodales> nodo AV> haz de His> sistema de Purkinje.

Cuando se producen los bloqueos, existe un retardo de unos segundos hasta que el siguiente centro toma el relevo. Este retardo puede comprometer el riego sanguíneo en regiones sensibles como el cerebro. El retardo es mayor cuanto más lejano sea el centro de relevo. (12)

El automatismo de las células marcapasos es suprimido temporalmente cuando son sometidas a altas frecuencias de descarga (**supresión por sobrecarga**). Este es el mecanismo utilizado por las células del nodo sinusal para imponer su ritmo al resto.(12)

El ritmo de nuestro corazón debe aumentar para satisfacer las demandas de nuestros músculos activos, Cuando la sesión de ejercicio finaliza, nuestra frecuencia cardiaca no vuelve instantáneamente a su nivel de reposo. (13)

En lugar de ello, permanece elevada durante cierto tiempo, y vuelve lentamente a su ritmo de reposo. El tiempo que necesita el corazón para volver al ritmo de reposo se llama período de recuperación de la frecuencia cardiaca.

Después de un periodo de entrenamiento, la frecuencia cardiaca vuelve a su nivel de reposo mucho más rápido. Puesto que el período de recuperación de la frecuencia cardiaca se acorta con el entrenamiento de fondo, esta medición puede usarse como un índice de fitnesscardiorespiratorio. En general una persona que está en mejor condición física, se recupera mas rápido que una persona sedentaria. (13)

En los últimos años ha existido un gran interés por el conocimiento de los indicadores fisiológicos del sistema cardiovascular en determinados períodos de los estados de reposo y de ejercicio, debido a su importancia para arribar a conclusiones precisas sobre el funcionamiento del cuerpo humano en cuanto al rendimiento deportivo.(14)

El control Médico-biológico del entrenamiento deportivo, posibilita al médico y al entrenador conocer los efectos inmediatos, mediatos y acumulativos de las cargas sobre los diferentes aparatos y sistemas del organismo del deportista así como la evolución de los procesos de adaptación. (15)

Detectar y monitorear cualquiera de los cambios que se producen en el organismo del deportista ya sean adaptaciones beneficiosas o patológicas, como consecuencia de la aplicación de las cargas de entrenamiento y poder dar las recomendaciones necesarias al entrenador o al deportista es de vital importancia para la obtención de buenos resultados deportivos, de allí que en la actualidad el entrenamiento se manifiesta a partir del conocimiento de esta realidad (entrenar - controlar para planificar). (16)

Las respuestas cardiovasculares durante el ejercicio son proporcionales a las necesidades impuestas al organismo por el aumento concomitante del metabolismo. (16)

Se acepta que es compleja la respuesta cardiovascular a los efectos del ejercicio y que involucra la interacción de una gran cantidad de variables cardíacas como son: Frecuencia cardíaca, Gasto cardíaco, Volumen sistólico, volumen al final de la diástole, presión arterial, presión venosa. (17)

Todas las variables e indicadores de la función cardiovascular y del máximo consumo de oxígeno, están reguladas de manera intrínseca por activación nerviosa vegetativa (simpático y el parasimpático) y de manera especial la frecuencia cardíaca cuyo indicador funcional está relacionado en este estudio.

La frecuencia cardíaca es el principal factor responsable del aumento del gasto cardíaco el cual a su vez es factor indispensable para el incremento del valor del máximo consumo de oxígeno (VO₂ máximo) y del aporte de los nutrientes. Por otra parte el gasto cardíaco es responsable del aclaramiento de los desechos metabólicos y el VO₂ máximo es uno de los responsables de la restauración de sustratos que son

utilizados durante el proceso metabólico de obtención de energía. Estos factores traen como consecuencia que el VO₂ máximo, gasto cardiaco, y más directamente la frecuencia cardiaca permanezca elevada o bien disminuya, en dependencia si los desechos metabólicos son aclarados o no. (18)

Aunque el patrón de ajuste cardiovascular al ejercicio puede ocurrir con anticipación a la propia actividad física esta actividad tiene que ser considerada como la contribuyente fundamental de estos cambios, y los mismos son efectuados por vía refleja e incluyen rápidos ajustes como el aumento de la frecuencia cardiaca para iniciar el aumento del gasto cardiaco y el flujo sanguíneo regional de los grupos musculares, y en segundo lugar los efectos reflejos tardíos que son desencadenados por estímulos químicos en los receptores propioceptivos que son generados durante y después de la contracción muscular.(19)

Por esto último se considera que los cambios tardíos de la frecuencia cardiaca y su mantenimiento van a depender del tono cardio-acelerador de la actividad hormonal suprarrenal los cuales son inducidos durante y después de las fases de trabajo aeróbicos y de anaerobiosis energética, los cuales originan desechos metabólicos caracterizados por lactacidemia, disminución del pH, aumento del CO₂, disminución del O₂, entre otros, que contribuyen a esta fase tardía de regulación de los cambios cardiovasculares de la frecuencia cardiaca. (19)

1.21 RECUPERACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDIACA POSTESFUERZO - HEART RATE RECOVERY (HRR).

Como se menciona en el artículo de Cole y colaboradores en el New England Journal of Medicine la recuperación de la frecuencia cardíaca (HRR) es el descenso de la frecuencia cardíaca que se produce inmediatamente tras el ejercicio. La medición de la HRR tras un ejercicio gradual mediante ergometría en cinta rodante o cicloergometría es una medición establecida de la funcionalidad del sistema nervioso autónomo.(20)

Imai y colaboradores publican en 1994 en Journal of American College of Cardiology (JACC), "Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure". El estudio de Imai mostraba como la rápida desaceleración inicial de la frecuencia cardíaca tras el ejercicio podía atenuarse con atropina. Además los pacientes con insuficiencia cardíaca, que padecen un marcado desequilibrio del sistema nervioso autónomo no presentaban la rápida caída inicial de la frecuencia cardíaca observada en sujetos normales y atletas.(21)

El grupo de la Cleveland Clinic (Cole y cols) publican en New England Journal of Medicine el artículo "Heart Rate Recovery immediately after exercise as a predictor of mortality".(22).

El propósito del estudio era examinar la utilidad pronóstica del nuevo parámetro.

En un grupo de 2428 pacientes consecutivos que habían sido sometidos a prueba de esfuerzo limitada por síntomas en cinta rodante se midió durante el periodo de recuperación (2 min a un ritmo de 2,4 km/h y una pendiente de 2,5%) el valor de la recuperación de la frecuencia cardíaca definido como la reducción en la frecuencia cardíaca entre la frecuencia en el máximo esfuerzo y la frecuencia un minuto tras el

cese del ejercicio. Mediante un complejo cálculo estadístico establecen como punto de corte 12 lpm en el primer minuto.

En otro estudio Borresen logra demostrar que un retraso en la recuperación de la frecuencia cardíaca mayor a 12 lpm en el primer minuto es un fuerte predictor de mortalidad de cualquier causa, independientemente de la carga de trabajo alcanzada y la presencia o ausencia de defectos de perfusión en las pruebas de imagen (23).

Así mismo Kannankeril menciona que el aumento inicial de la frecuencia cardíaca (HR) al inicio del esfuerzo es mediado por la desaparición del tono vagal predominante en reposo. El aumento de la frecuencia cardíaca progresivo durante la prueba de esfuerzo limitada por síntomas es modulado por la respuesta del nodo sinusal a la liberación de catecolaminas locales (por las terminaciones nerviosas) y circulantes. (24)

Lambert concluye que específicamente el rápido descenso de la frecuencia cardíaca tras terminar la ergometría es atribuible a la reactivación del sistema nervioso parasimpático. La HRR en el primer minuto tras el cese del esfuerzo es mediado por la reactivación del tono vagal y la desaparición del estímulo simpático (24).

Imai hace énfasis también en que la atenuación de la recuperación de la frecuencia cardíaca en el primer minuto (HRR 1-min), y por lo tanto el deterioro de la reactivación de la actividad parasimpática, se ha establecido recientemente como un factor de riesgo cardiovascular asociado a un aumento de la mortalidad y un mayor riesgo de muerte súbita en adultos, independientemente de otros parámetros determinados en la prueba de esfuerzo. (25)

Yamamoto en sus análisis dice que el tono vagal parece jugar un papel crítico en la protección frente a las arritmias letales (26).

Sedlock define Low-HRR a un descenso de la frecuencia cardiaca inmediatamente tras el ejercicio inferior a lo esperado. (27)

El umbral o punto de corte varía de un estudio a otro, siendo el más estandarizado de 12lpm el cual será el indicativo en nuestro estudio.

La mayoría de estudios acerca de la HRR se han realizado en poblaciones de adultos añosos derivados para prueba de esfuerzo en presencia de síntomas sugestivos de cardiopatía. Carnethon y cols publican un estudio en la revista *Medicine and Science in Sport and Exercise*, donde estudian la progresión de la HRR en una población de adultos jóvenes (n= 5115; edad 18-30 años) sometidos a una ergometría y el posterior seguimiento durante 20 años. En el estudio de Carnethon se emplea la diferencia entre la frecuencia cardiaca en el máximo esfuerzo y la frecuencia cardiaca a los 2 minutos tras el cese del esfuerzo y se define como lenta-HRR a una reducción de la frecuencia cardiaca inferior a 22 latidos por minuto durante los dos primeros minutos. Emplea el margen de 2 minutos en lugar de uno debido a que emplea un protocolo de Balke en cinta rodante y un periodo de enfriamiento en el cual la cinta de ergometría no se detiene de golpe. Emplean la fórmula de Tanaka para determinar cual es la frecuencia cardiaca máxima predicha ($208-0,7 \times \text{edad}$); se consideró que los participantes habían alcanzado su capacidad máxima si había superado el 85% de la frecuencia cardiaca predicha para la edad.(28)

Durante el seguimiento se valoran el índice de masa corporal, el perímetro abdominal, el hábito tabáquico, la actividad física habitual, síntomas depresivos, tensión arterial, tratamiento antihipertensivo, niveles de glucosa, lípidos, y el desarrollo de síndrome metabólico.

De los 2788 participantes que presentaban mediciones válidas y seguimiento durante 20 años, 58 (2,1%) presentaban una lenta-HRR al inicio del estudio. Estos participantes se excluyeron. De los restantes 2730 participantes, tras 20 años 135

(5%) presentaban lenta-HRR. En comparación con los participantes que conservaron una HRR normal, aquellos que desarrollaron una lenta-HRR tenían basalmente mayor índice de masa corporal y circunferencia abdominal, así como mayor prevalencia de hipertensión y diabetes. La raza negra, mayor circunferencia abdominal, mayor índice de masa corporal, sobrepeso y obesidad, mayores niveles de glucemia en ayunas, hipertensión, síndrome metabólico, síntomas depresivos, y tabaquismo activo se asociaron a una mayor probabilidad de desarrollar lenta-HRR.(28)

Al finalizar el estudio, los pacientes con frecuencia cardíaca basal en reposo por encima de la media al inicio del estudio presentaron con mayor frecuencia lenta – HRR, en comparación con aquellos con frecuencia cardíaca basal igual o menor a la media.

En el análisis multivariante, las características basales que mantuvieron su significación estadística en cuanto su asociación a una mayor probabilidad de desarrollar lenta-HRR fueron el índice de masa corporal, la glucemia en reposo, y el tabaquismo activo. La diabetes, la hipertensión y el tabaquismo tuvieron mayor influencia sobre la probabilidad de desarrollar lenta-HRR que el sobrepeso.

La conclusión principal del estudio de Carnethon y cols es probablemente que los factores que favorecen el desarrollo de una lenta-HRR a lo largo de la vida son identificables y modificables (28).

En la revista española de cardiología indican que el entrenamiento físico ha demostrado aumentar el tono parasimpático en reposo y reducir el tono simpático, mejorar la función endotelial y reducir la mortalidad global. Algunos estudios han demostrado la capacidad del ejercicio de modificar la HRR mediante la reactivación del tono vagal (29).

En el mismo estudio determinan que como predictor de la muerte, un valor anormalmente bajo para la recuperación de la frecuencia cardíaca tiene una sensibilidad del 56 por ciento, una especificidad del 77 por ciento, un valor predictivo positivo del 19 por ciento, y un valor predictivo negativo del 95 por ciento (29).

Se identifica la recuperación de la frecuencia cardíaca (RFC) como un parámetro que mide el efecto de la rehabilitación cardíaca (el ejercicio produce un aumento de la misma) y por otro lado tiene una fuerte asociación con el pronóstico a largo plazo. En una cohorte de más de 1.000 pacientes sometidos a rehabilitación cardíaca, el promedio de RFC - la diferencia entre la frecuencia cardíaca en el pico de ejercicio y un minuto en el periodo de recuperación - aumentó de 13,2 a 16,6 lpm. En general, los pacientes que tuvieron una RFC anormal tras la rehabilitación cardíaca tenían más del doble de probabilidades de morir por cualquier causa durante una mediana de 8,1 años de seguimiento (HR 2,24, IC 95%: 1,66 a 3,03). El 41% de los pacientes con RFC anormal se normalizaron y estos pacientes tuvieron tasas de supervivencia similares a las de los pacientes con RFC normales desde un principio (30).

La recuperación de la FC después de un esfuerzo protocolizado es más rápida cuanto mayor sea la aptitud y preparación física del deportista o su nivel de entrenamiento (29,30).

La monitorización de la evolución de la frecuencia cardíaca en la fase de recuperación tras realizar esfuerzo físico es un método simple y no invasivo para valorar la salud cardiovascular y la condición física de los sujetos. Se ha encontrado una relación directa entre una reducción más rápida de la frecuencia cardíaca máxima a valores por debajo de las 100 pulsaciones/min y la mejora de adaptación cardiovascular a los 5 minutos.(30)

Además de su utilidad para evaluar la condición física, la frecuencia cardíaca de recuperación (FCR) después de ejercicio máximo en los minutos inmediatamente

posteriores a la finalización de la actividad también es un indicador válido del riesgo de muerte súbita durante el ejercicio (31)

Debido al número relativamente elevado de casos y a la notoriedad de este tipo de muertes, la monitorización de la FCR ha ganado importancia como herramienta no invasiva de gran utilidad para evaluar la salud cardiovascular y la condición física (32).

Montero del instituto de educación física de Madrid realizó un estudio en triatletas, atletas, ciclistas y nadadores. Los cuatro grupos de deportistas realizaron una prueba máxima y en los cuatro grupos observamos como en el primer minuto de recuperación se observa un descenso mayor de pulsaciones (40 pulsaciones menos de media en el minuto 1 que en el minuto 0 de reposo) que en los tres minutos siguientes registrados, lo que nos confirma que la curva de FCR debe estudiarse en sus dos fases FCRR (frecuencia cardíaca de recuperación rápida, 30 sg.) y FCRL (frecuencia cardíaca de recuperación lenta, posterior a 30 seg.) (33)

Los estudios de perfusión miocárdica con Tc99mibi, son una alternativa no invasiva muy sensible en la detección de isquemia miocárdica y la valoración post infarto. El propósito de evaluar la relación entre la Tasa de recuperación cardiaca al primer minuto TRC1 y la presencia de defectos de perfusión en una población constituida por pacientes de dos centros de medicina nuclear de dos diferentes países, los cuales concluyeron queLa TCR1 medida como la frecuencia cardiaca al primer minuto post estrés ergométrico es una sencilla y útil medida que se puede realizar en cualquier centro de ergometría. Dicha medida nos permite detectar precozmente isquemia, independientemente de cambios del segmento ST.(34)

En un estudio reciente de los veteranos masculinos, la tasa de recuperación de la frecuencia cardiaca predijo la muerte, independiente de los resultados angiográficos, pero no había correlación entre recuperación de la frecuencia cardiaca y el angiográfico con la gravedad de la enfermedad. Se examinó la asociación entre

HRR anormal y la mortalidad entre los hombres y las mujeres se refiere a la prueba de esfuerzo y la angiografía coronaria. La mortalidad y la tasa de recuperación de la frecuencia cardíaca: Durante el período de seguimiento de seis años, hubo 336 muertes (11%). anormal HR muerte prevista. De los 336 pacientes que murieron, 162 (48%) tenían un nivel anormalmente bajo de su tasa de recuperación de la frecuencia cardíaca (34)

Short y Sedlock demostraron que a lo largo del período de recuperación, el grupo de atletas entrenados con mayor capacidad aeróbica tenía una HR consistentemente menor que la de los sujetos desentrenados (34).

Los resultados obtenidos en el estudio *Exercise Physiology Laboratory Biomedical Sciences Department Faculty of Sport and Tourism, Novi Sad, Metropolitan University, Serbia* sugieren que los atletas que participan en deportes intermitentes de resistencia tenían una recuperación más rápida de la HR a los 10 y 20 segundos después del ejercicio máximo en comparación con los atletas que participan en deportes continuos con similar aptitud física. Estos resultados indican que la recuperación de la frecuencia cardíaca (HRR) ultra rápida puede ser influenciada por el tipo de actividad deportiva en los atletas bien entrenados. (35).

1.22 MANIOBRA DE VALSALVA.

Es cualquier intento de exhalar aire con la glotis cerrada o con la boca y la nariz cerradas. Se conoce también como test de Valsalva o método de Valsalva.(6)

Al espirar contra la glotis cerrada; aumenta la presión intratorácica, lo que afecta a la presión arterial que disminuye, debido a que se reduce el retorno venoso. La presión arterial desciende a los pocos segundos de iniciar los esfuerzos de esta maniobra, porque aumenta la presión intratorácica hasta 150 a 180 mm Hg, sumado a la

presión aórtica, de tal manera que la circulación venosa se ve superada y se colapsa.(3).

Esto produce una disminución del retorno venoso y el gasto cardiaco que da lugar a un descenso momentáneo de la presión arterial por lo que el atleta debería de evitar ejercicios de apnea por más de 4 segundos para evitar una disminución importante del volumen sistólico y de la perfusión a nivel coronario, se ha determinado que el flujo coronario durante maniobra de Valsalva sostenida es de hasta un 45% menor.(7).

Dicha disminución de la presión arterial es detectada entonces por los barorreceptores, que inhiben su actividad, lo que reduce el tono vagal y aumenta el tono simpático del corazón y vasos periféricos, como resultado se induce taquicardia, el aumento de la fuerza de contracción del corazón y vasoconstricción de los vasos periféricos, todo ello contribuye al aumento del gasto cardiaco y la recuperación de la presión arterial, a veces generando un aumento muy significativo de la presión arterial. (3)

En el ejercicio estático, se disminuye el volumen sistólico, pero el corazón debe vencer la resistencia periférica que eleva la presión arterial (diastólica y sistólica).

Las condiciones del entrenamiento que conducen a una respuesta hipertensiva elevada son las siguientes: 1) el ejercicio isométrico, 2) el ejercicio dinámico contraresistencia con cargas elevadas, 3) la activación refleja que origina la maniobra de Valsalva.(7)

1.23 PROTOCOLO DE PUGH

El protocolo de Pugh es uno de los más difundidos y utilizados en deportistas, consiste en realizar diez etapas de 3 minutos cada una e incrementando la velocidad en millas o kilómetros por hora de acuerdo a valores establecidos con una pendiente

constante de 1%, de acuerdo a la etapa que alcance el atleta se le asignará el consumo máximo de oxígeno calculado para la misma, su creador publicó un estudio en donde mencionaba que el costo energético de correr sobre una cinta rodante y en la pista variaba de acuerdo a las condiciones del viento lo cual genera una pequeña diferencia entre el esfuerzo realizado en la pista sobre las pruebas de laboratorio.

El estudio mencionado **Oxygen intake in track and treadmill running with observations on the effect of air resistance** que fue publicado en Journal of Physiology.

Se estima que la resistencia aumenta el costo de energía eólica durante la carrera en un 8% a 21,5 km / h (ritmo de carrera 5 km) y 16% a 36km / h (100 metros en 10 segundos). (36)

1.24 MUERTE SÚBITA.

Aunque en el boxeo la mayor parte de causa de mortalidad es debida a los traumatismos repetitivos, es primordial tener conocimiento acerca de esta entidad que es la causa más importante (en más del 90% de los casos) de la muerte súbita no traumática en atletas y está relacionada con anomalías cardíacas existentes previamente, además tener en cuenta que al ser un deporte regido por categorías de peso muchas veces el atleta recurre a una importante deshidratación para cumplir con el peso pactado en la categoría, repercutiendo el desequilibrio hidroelectrolítico en el funcionamiento cardíaco.

La muerte súbita cardiovascular se define como “La muerte que se produce después de una hora de la aparición de síntomas en una persona que no presentaba un estado cardiovascular previamente diagnosticado que apuntara a un desenlace fatal, excluyendo las causas cerebrovasculares, respiratorias, traumáticas y las relacionadas con las drogas”(37)

En la declaración del consenso del Comité Olímpico Internacional del 2004 reportan las Condiciones cardiovasculares potencialmente detectables como son: Cardiomiopatía heredada, como ventrículoderecho arritmogénico e hipertrófico dilatado, problema heredado de ritmo cardíaco, como enfermedades cardíacas de canales iónicos(síndrome de QT largo y corto, síndrome de Brugada, enfermedad de Lenègre, taquicardiaventricular polimórfica catecolaminérgica) y trastornos del tejido conjuntivo. (37)

Existen datos que sugieren que la realización de una actividad deportiva intensa incrementa sensiblemente el riesgo de sufrir una muerte súbita.

De hecho, las personas que practican actividad deportiva intensa presentan una incidencia mayor que las no deportistas, 1,6 muertes por 100.000 frente al 0,75 por 100.000”(38).

El ejercicio intenso provoca zonas de mala perfusión miocárdica (isquemia, necrosis, fibrosis) y sobrecarga del ventrículo derecho e izquierdo (dilatación y atrofia fibroadiposa, disfunción sistólica y diastólica), lo que provoca inestabilidad eléctrica, que dará lugar a un fenómeno de muerte súbita”. (38)

1.25ARRITMIAS.

Toda irregularidad en la formación y conducción del estímulo eléctrico cardíaco.

Solo por mencionar las más frecuentes y estudiadas en el deporte tenemos a los bloqueos auriculo-ventriculares, fibrilación auricular, extrasístoles ventriculares, fibrilación ventricular, etc. (39)

El ejercicio físico da lugar a un aumento significativo de la incidencia de arritmias cardíacas, especialmente en tres circunstancias: cuando el precalentamiento es inadecuado, cuando el ejercicio dinámico se acerca a la capacidad máxima y durante

el período de recuperación precoz (período arritmogénico). Durante este último, el retorno venoso disminuye como consecuencia de una reducción súbita de la actividad muscular; por otra parte, existe vasodilatación periférica inducida por el ejercicio.(39)

En estas circunstancias el volumen minuto y el flujo miocárdico pueden reducirse cuando la demanda miocárdica de oxígeno permanece todavía elevada como consecuencia de la taquicardia, lo que, junto con el incremento de catecolaminas, puede ser responsable de la mayor incidencia de arritmias observada durante la recuperación precoz. (40)

Una investigación publicada en *The New England Journal of Medicine* 2001 coordinada por el Dr. Joseph P. Frolkis, de la Fundación Clínica de Cleveland confirmó que las arritmias ventriculares que aparecen inmediatamente después del ejercicio físico cuando se produce la reactivación del sistema parasimpático, predicen un riesgo aumentado de muerte., el estudio analizó a 20.244 pacientes sin historia previa de insuficiencia cardíaca, valvulopatías o arritmias cardíacas, pero que habían solicitado una prueba de esfuerzo. (40)

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El boxeo es un deporte con una alta exigencia para el sistema cardiaco, donde se manejan frecuencias cardiacas elevadas e intervalos cortos de recuperación, el monitoreo de la frecuencia cardiaca de recuperación es una herramienta no invasiva, accesible, factible pero poco utilizada, ayuda a detectar posibles casos de deportistas con factores de riesgo cardiovascular y en múltiples bibliografías especializadas lo consideran un indicador precoz de mortalidad, pero acaso ¿Utiliza frecuentemente el médico del deporte la frecuencia cardiaca de recuperación como un parámetro para estar alerta sobre posibles factores de riesgo en el atleta?, ¿Está capacitado el entrenador y el preparador físico sobre la importancia de la frecuencia cardiaca de recuperación?, ¿Los atletas están conscientes de la monitorización de su frecuencia cardiaca de recuperación ?. Probablemente se tenga poca difusión de las variadas aplicaciones que tiene la frecuencia cardiaca de recuperación y de su valor para la evaluación médica del atleta así como para dar seguimiento al curso de su entrenamiento.

Con base a lo anterior se realiza la siguiente pregunta:

¿Cuánto descenderá la frecuencia cardiaca durante el primer minuto de recuperación posterior a una prueba de esfuerzo en un grupo de boxeadores profesionales y amateurs de Toluca?

3. JUSTIFICACIÓN.

La integridad del sistema cardiovascular es uno de los objetivos primordiales de la valoración médica de un atleta de alto rendimiento.

En el boxeo siendo un deporte con frecuentes momentos anaeróbicos, en el cual se realiza maniobra de Valsalva en una forma recurrente, es de vital importancia el estudio del sistema cardiovascular.

El presente estudio brinda un dato sencillo de analizar para prevenir probables eventos cardiovasculares desfavorables para el atleta.

El comportamiento del cronotropismo cardíaco es un indicador muy valioso del estado que guarda el sistema cardiovascular durante el esfuerzo y postesfuerzo.

No existe bibliografía local en donde se reporten este tipo de estudios.

4. HIPÓTESIS.

El 90% de los boxeadores evaluados tendrá un descenso de la frecuencia cardiaca de 12 o más latidos en el primer minuto de recuperación de la prueba de esfuerzo.
(22)

5. OBJETIVOS.

5.1. Objetivo general:

1. Analizar el descenso de la frecuencia cardiaca en los boxeadores evaluados durante el primer minuto de recuperación postesfuerzo.

5.2. Objetivos específicos:

2. Cuantificar la frecuencia cardiaca de los boxeadores al primer minuto postesfuerzo por categorías de peso.
3. Describir la frecuencia cardiaca al primer minuto postesfuerzo por años de entrenamiento.
4. Comparar la frecuencia cardiaca al minuto postesfuerzo entre boxeadores amateurs y profesionales.
5. Cuantificar la frecuencia cardiaca al primer minuto postesfuerzo por género.
6. Comparar la frecuencia cardiaca al primer minuto postesfuerzo por edad.

6. MATERIAL Y MÉTODOS.

6.1 Tipo de estudio:

Observacional, Descriptivo y Transversal.

6.2 Población de estudio:

Un grupo de boxeadores amateurs y profesionales de Toluca.

6.3 Unidad de observación:

Los boxeadores evaluados.

6.4 Límite de espacio:

Centro de Medicina de la Actividad Física y el Deporte Toluca, Méx.

7. CRITERIOS DE SELECCIÓN.

7.1 Criterios de inclusión:

- > Boxeadores amateurs y profesionales de Toluca.
- > Boxeadores de 15 a 35 años.
- > Masculinos y femeninos.
- > Firmen el consentimiento informado.

7.2 Criterios de no inclusión:

- > Que provengan de una lesión que haya impedido realizar su entrenamiento deportivo
- > Inactividad física mayor a 2 meses.
- > Boxeadores con patología cardíaca diagnosticada.
- > Ingesta de fármacos cronotrópicos e inotrópicos.

7.3 Criterios de exclusión:

- > Atleta que no esté dispuesto a realizar la prueba de esfuerzo.
- > Atleta femenino en estado de embarazo.
- > Datos de isquemia en el electrocardiograma de reposo.

7.4 Universo de trabajo:

El total de boxeadores, la muestra no probabilística e intencionada fue de 30 boxeadores evaluados en el Centro de Medicina de la Actividad Física y el Deporte de la Universidad Autónoma del Estado de México.

8 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

8.1 Variable en estudio.

Frecuencia cardiaca de recuperación.

Variable	Definición teórica.	Definición operacional.	Escala de medición.
Frecuencia cardiaca de recuperación.	Parámetro que indica la capacidad del organismo de descender su frecuencia cardiaca con el comienzo del cese del ejercicio.	Tras el esfuerzo máximo al detener la prueba de esfuerzo se registrara la frecuencia cardiaca alcanzada y se comparara con la frecuencia cardiaca obtenida al primer minuto de recuperación.	Variable cuantitativa. (latidos por minuto).

9. DESARROLLO DEL PROYECTO.

1.- Se presenta el paciente para la realización del estudio con indicaciones de no consumir medicamentos, alcohol, café, o cigarro tres horas antes de la prueba, evitando el mismo día previo al estudio cualquier tipo de actividad física o ejercicio las doce horas anteriores. Acudirá con ropa y calzado deportivo.

2.- Se realizó en consultorio la historia clínica detallada,(anexo 1) se le informo al paciente los riesgos que el procedimiento conlleva, firmando un consentimiento informado(anexo 2).

3.- Se refirió al área de prueba de esfuerzo para el estudio donde se le colocan 10 electrodos: en cuarto espacio intercostal línea para esternal derecha e izquierda (V1,V2), en línea medio clavicular en quinto espacio intercostal se coloca V4, V3 se coloca entre V2 y V4, V5 se coloca en línea axilar anterior en quinto espacio intercostal y V6a mismo nivel en línea medio axilar. Se colocan los electrodos para las derivaciones unipolares por debajo de ambas clavículas (2) y en ambos flancos (2).

4.- Se colocó el monitor de frecuencia cardiaca marca Polar en epigastrio, se toma registro electrocardiográfico con aparato de marca cardioline en reposo, se toman signos vitales como presión arterial con baumanómetro marca WelchAllyn, y estetoscopio marca Littmann, saturación de oxígeno con un pulsioxímetro marca Risigmed, la frecuencia cardiaca con un pulsómetro marca Polar y Electrocardiograma en reposo. La presión arterial se tomará en brazo derecho a 3cm del pliegue del codo con baumanómetro aéreo antes de iniciar la prueba y cada 3 minutos durante la misma.

5.- Si no existe contraindicación alguna se procede a realizar la prueba de esfuerzo en banda sin fin marca HP cosmos, utilizando el protocolo de Pugh (anexo 4), previas indicaciones al paciente.

6.-Durante el esfuerzo se monitorizaron al menos 3 derivaciones de modo continuo, realizándose en registro de las 12 derivaciones del electrocardiograma al final de cada etapa de la prueba, así como en el momento en que se produzca algún acontecimiento clínico importante.

7.- La monitorización se continuó en recuperación durante el 1º , 3er y 6º minuto.

8.- se registro la información en un formato específico de prueba de esfuerzo. (anexo 3).

10. CONSIDERACIONES ÉTICAS.

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

Se hizo del conocimiento del boxeador que su identidad sería confidencial y que en el estudio solamente aparecerían los resultados de la evaluación.

Se le informó que el análisis de las gráficas proporcionarían información importante para identificar posibles factores de riesgo cardiovasculares así como el nivel de recuperación cardiaca postesfuerzo.

Así mismo se le informó la posibilidad de retirarse de forma voluntaria del estudio en el momento que él lo decidiera.

11. MATERIAL Y EQUIPO.

- ⦿ Sensor de frecuencia cardiaca Polar.

- ⦿ Electrocardiograma de 12 derivaciones.
 - > Electrocardiógrafo Cardioline.

 - > Banda sin fin Hp cosmos.

 - > Electroodos.

 - > Venda malla elástica.

 - > BaumanómetroWelchAllyn.

 - > PulsioxímetroRisigmed.

12. ESTADÍSTICA.

- Se utilizarán para este estudio estadística descriptiva: medidas de tendencia central y medidas de dispersión.

13. RESULTADOS.

Se evaluó a un grupo de 30 boxeadores de Toluca, las edades de los boxeadores oscila entre 15 a 35 años de edad, con una edad promedio de 21.6 años, 6 mujeres y 24 varones, profesionales y amateurs.

En cuanto al tiempo de inicio del entrenamiento el menor tiempo fue de 3 meses y quien llevaba mayor tiempo fue de 8 años, el peso mínimo fue de 46 kg y el máximo de 84kg, siendo el promedio de 59.9kg.

Mediante la fórmula de Lester se calculó la frecuencia cardiaca máxima (FCM) = $205 - 0.41 (\text{edad})$.

El descenso de latidos al minuto de recuperación postesfuerzo mayor fue de 67 y el menor fue de 8, siendo el promedio general de 33.8 lpm.

La frecuencia cardiaca de recuperación al primer minuto postesfuerzo fue de 12 o más latidos en 28 boxeadores (93%), 2 boxeadores (7%) obtuvieron menos de 12 latidos de descenso de la frecuencia cardiaca. (gráfica 1).

Ambos boxeadores que obtuvieron menos de 12 latidos fueron varones, uno de ellos de 16 años de edad con 6 meses de inicio de entrenamiento descendió 10 latidos de la frecuencia cardiaca máxima alcanzada, el otro de 23 años de edad y 2 años de entrenamiento tuvo el menor descenso de la frecuencia cardiaca con solo 8 latidos.

Para la recuperación cardiaca postesfuerzo al primer minuto por categoría de peso se agrupó a los boxeadores en tres categorías pesos bajos (46-55.3kg), medios (55.4-69.9) y pesados (≥ 70) encontrando que los pesos bajos tienen una mejor recuperación (36 lpm) que los medianos (33 lpm) y estos últimos mejor que los pesados (23 lpm) (gráfica 2).

En cuanto al tiempo que los boxeadores llevaban entrenando se encontró una mayor recuperación en el grupo que tenía 1 año de entrenamiento (37 lpm) sobre el grupo que tenía 4 años o más de entrenamiento (31 lpm) (gráfica 3), dato que llama la atención y a lo que probablemente se pueda atribuir el periodo de entrenamiento en el cuál se encontraba el atleta.

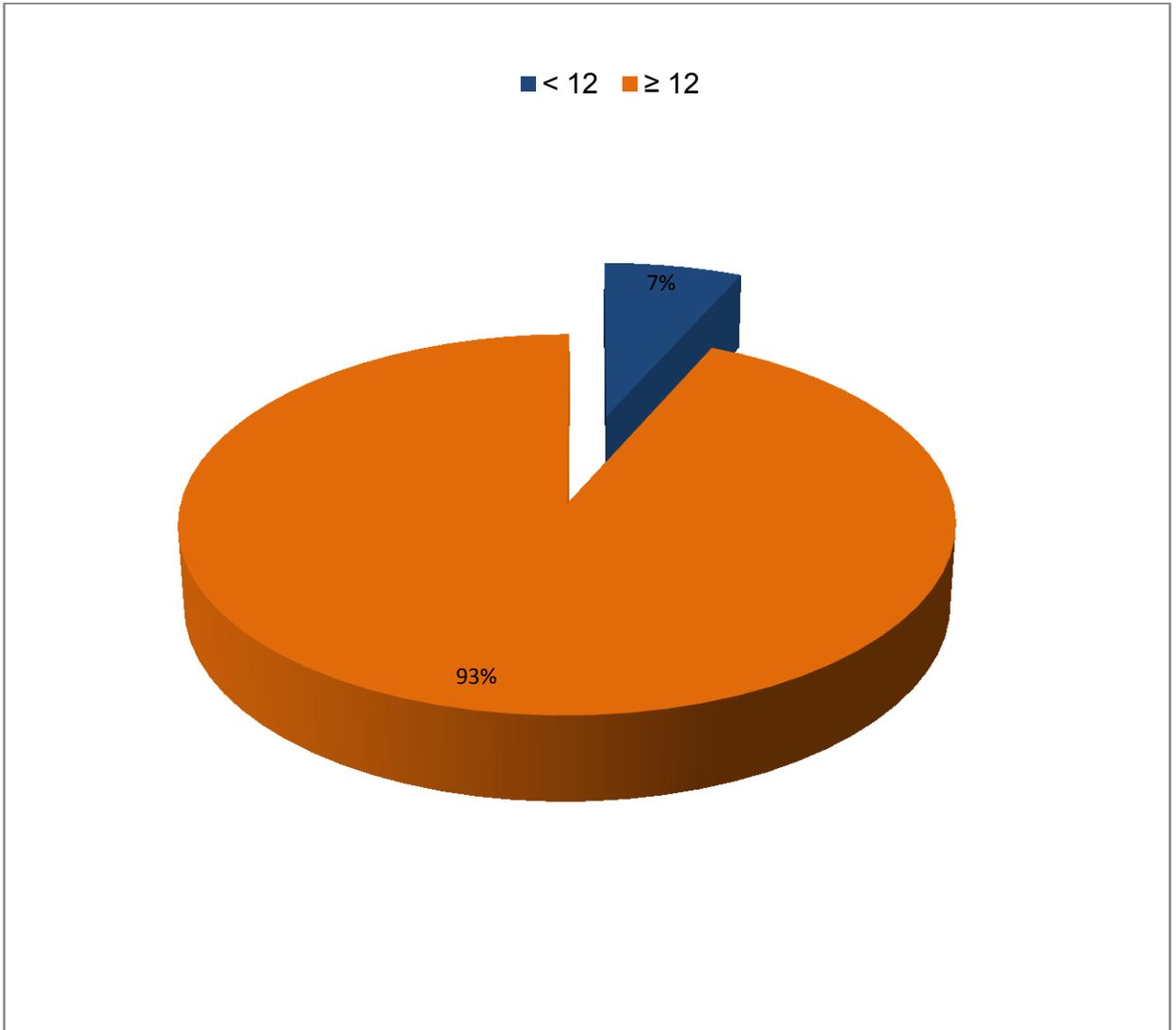
En la comparación entre boxeadores profesionales y amateurs se encontró una mayor recuperación en el grupo amateur (35 vs 29 lpm) (gráfica 4).

Por género se obtuvo una mayor recuperación en boxeadores varones que en mujeres (33 vs 30 lpm) (gráfica 5) coincidiendo con lo mencionado por la literatura relacionada con el tema.

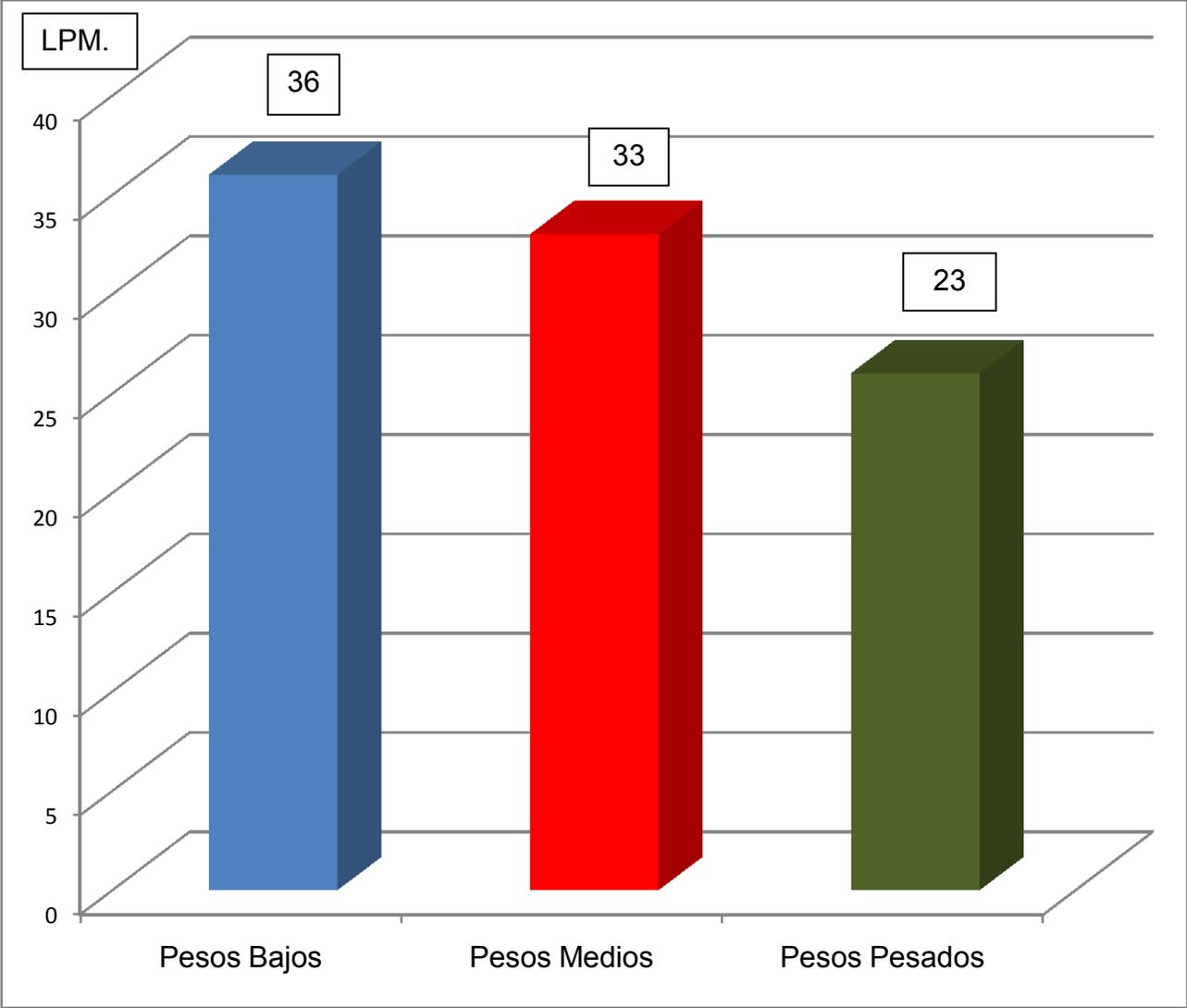
Para determinar la recuperación cardiaca postesfuerzo al primer minuto por edad se dividió a los boxeadores evaluados en los rangos de 15 a 21, de 22 a 28 y de 29 a 35 años, obteniendo una mejor recuperación en el grupo de 15 a 21 años con 35 latidos por minuto, siguiendo el grupo de 29 a 35 años con 34 y al final el grupo de 22 a 28 años con 32.

GRÁFICAS.

19.1 Gráfica I. Porcentaje de Boxeadores con Tasa de Recuperación Cardíaca al Primer Minuto Postesfuerzo Menor a 12 Latidos

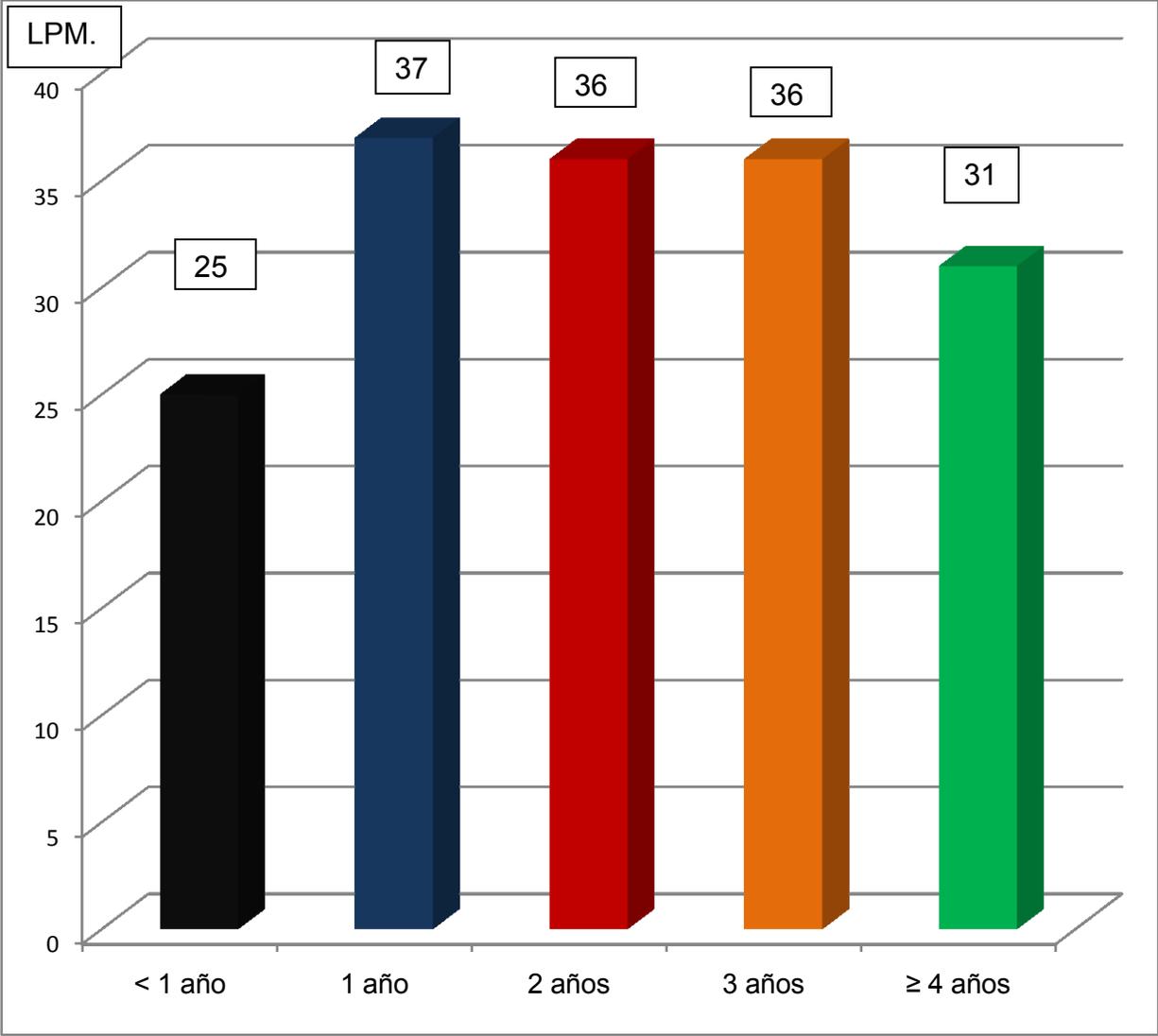


19.2 Grafica II. Tasa de Recuperación Cardíaca al Primer Minuto Postesfuerzo por Categoría de Peso.



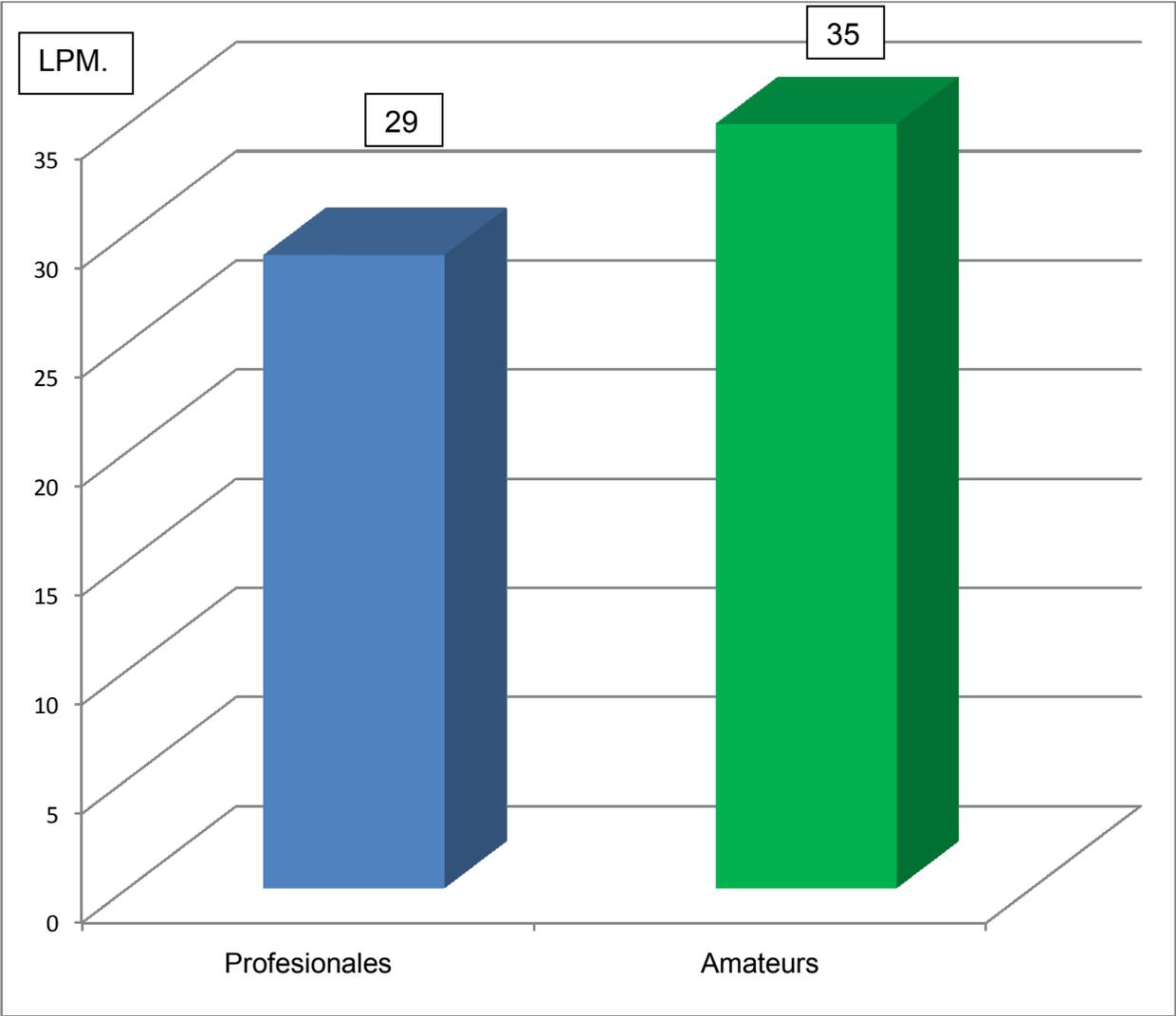
LPM: latidos por minuto.

19.3 Gráfica III. Tasa de Recuperación Cardíaca al Primer Minuto Postesfuerzo por años de Entrenamiento



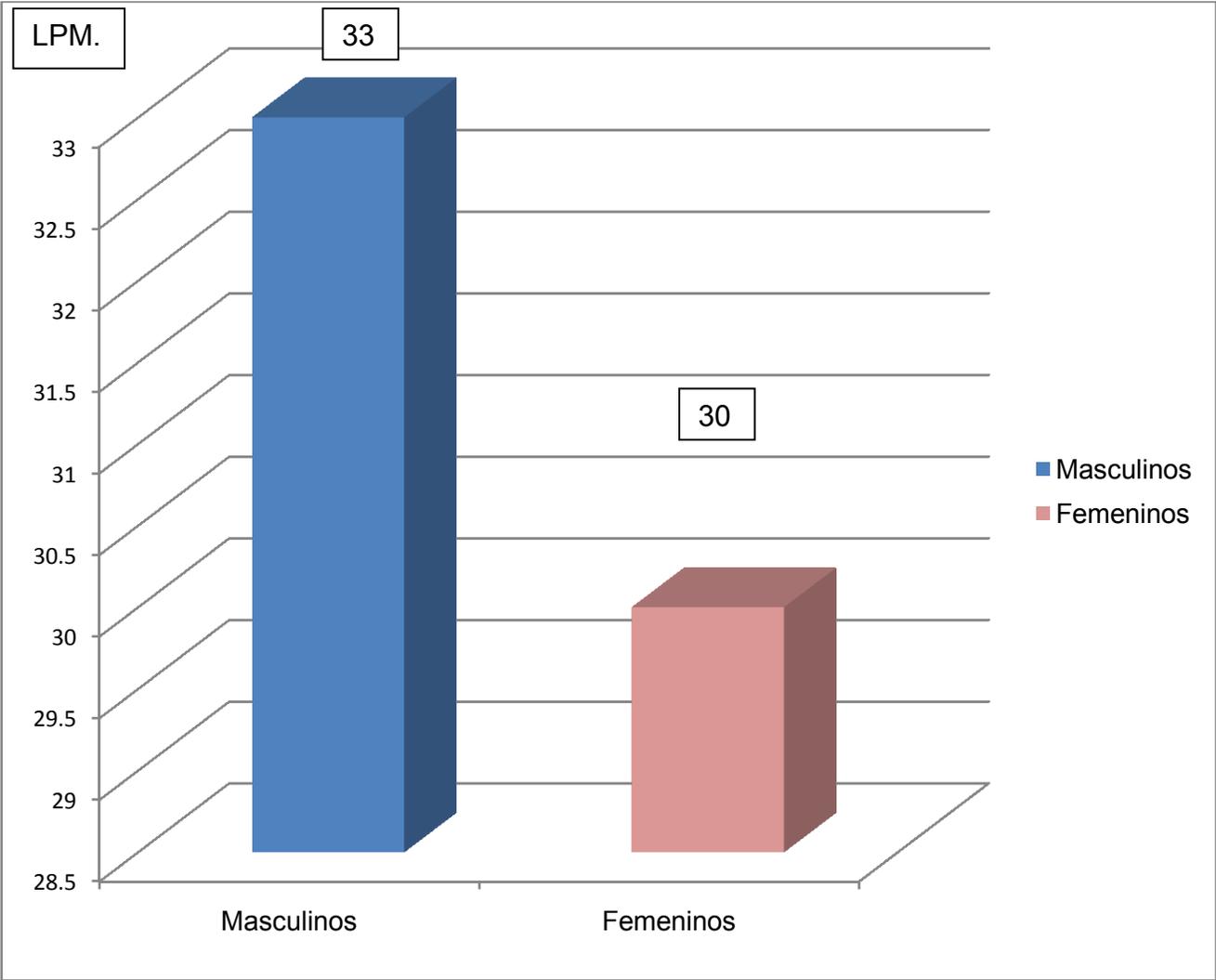
LPM: latidos por minuto.

19.4 Gráfica IV. Tasa de Recuperación de la Frecuencia Cardíaca al Primer Minuto Postesfuerzo en Boxeadores Amateurs y Profesionales.



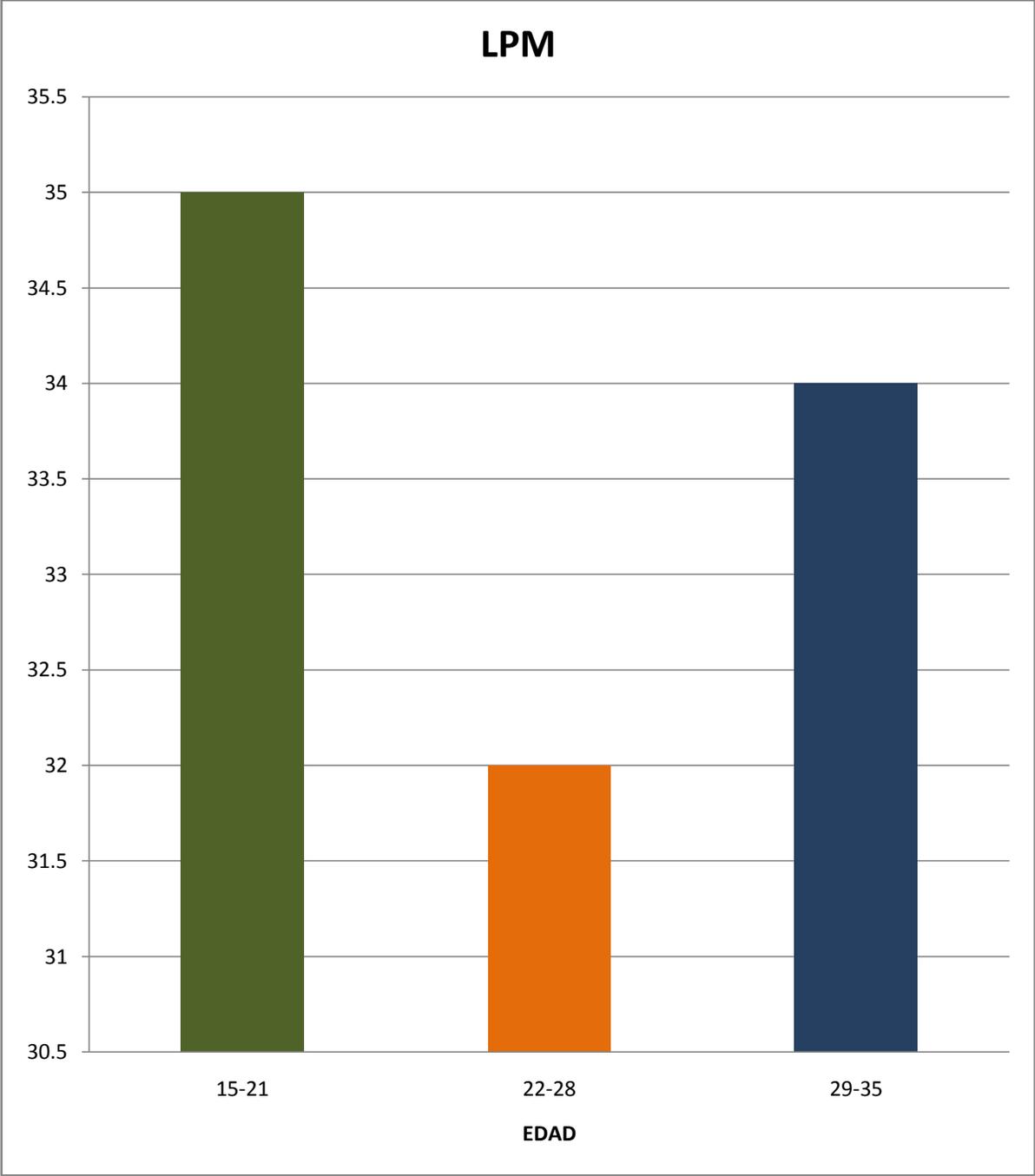
LPM: latidos por minuto.

19.5 Gráfica V. Tasa de Recuperación de la Frecuencia Cardíaca al Primer Minuto Postesfuerzo en Boxeadores por Género.

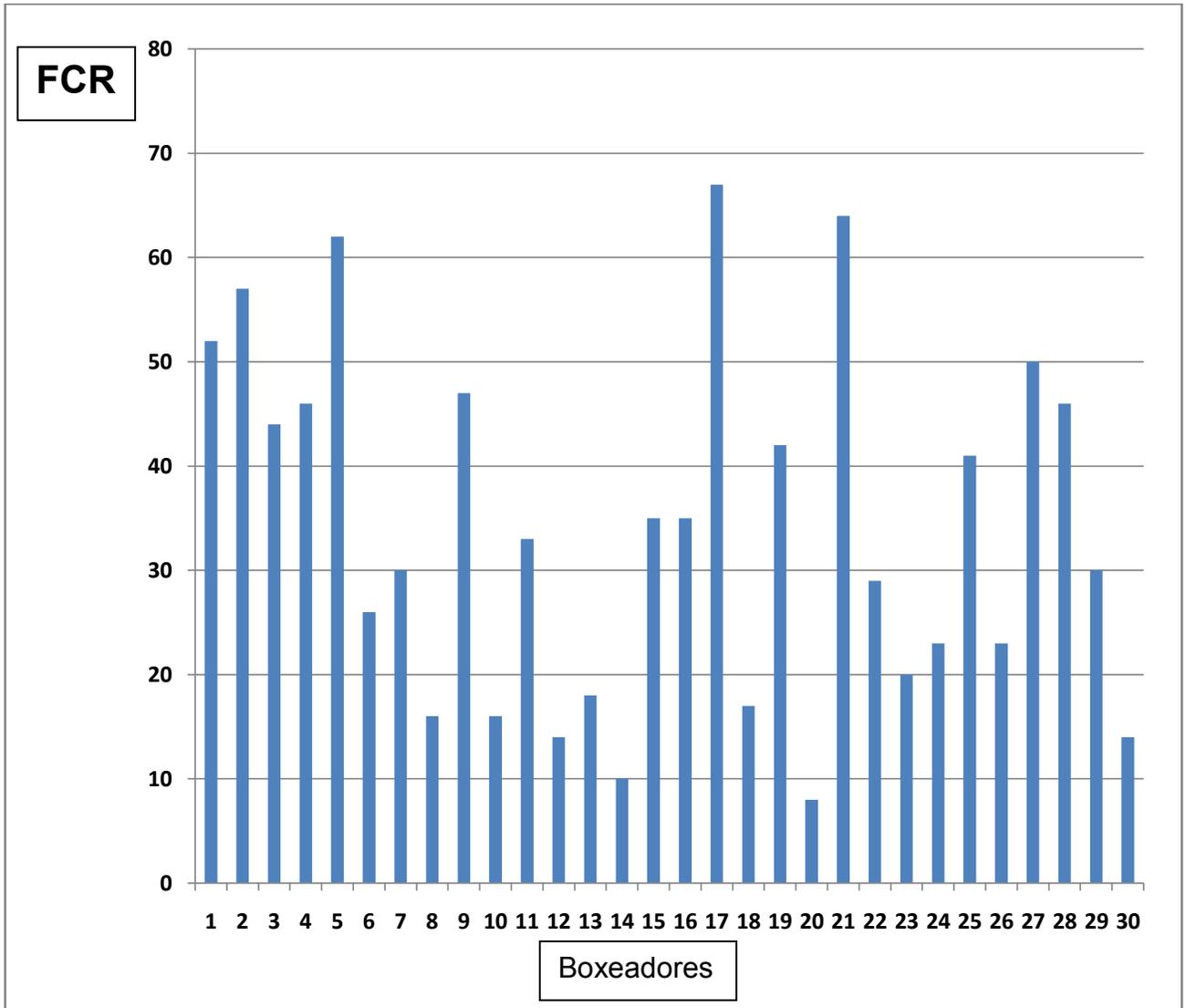


LPM: latidos por minuto.

19.6 Gráfica VI Tasa de recuperación de la frecuencia cardiaca al primer minuto postesfuerzo por edad.



Gráfica VII Tasa de recuperación de la frecuencia cardiaca al primer minuto postesfuerzo en el grupo de boxeadores evaluados.



14. DISCUSIÓN.

Al no encontrarse estudios médicos específicos de recuperación cardiaca al primer minuto postesfuerzo en boxeo se carece de posibilidad de comparar los valores encontrados con nuestro estudio realizado, solo se pudo comparar con el artículo realizado por el Licenciado en Educación Física, el cubano Juan Fontanills Quesada donde al entrenar al equipo olímpico de boxeo Tailandés integrado por 10 atletas que participó en las Olimpiadas de Sídney 2000, monitorizó las frecuencias cardiacas máximas alcanzadas en sesiones de sparring y obtuvo un promedio de recuperación de la frecuencia cardiaca al primer minuto postesfuerzo de 40 lpm y en nuestros resultados fue de 33.8 lpm, aunque el objetivo principal de nuestro estudio es la recuperación cardiaca como indicador de integridad cardiovascular y el estudio con el que se comparó tiene como prioridad valorar la recuperación de la frecuencia cardiaca como indicador de la mayor aptitud física del atleta.

Estudios recientes han observado una interacción coordinada de reactivación parasimpática e inhibición simpática, donde la reactivación parasimpática se produce más rápidamente y por lo tanto, desempeña un papel más importante en la desaceleración temprana de la frecuencia cardíaca.

Con el dato de la frecuencia cardiaca de recuperación, diversos autores concluyen que existe una estrecha relación al finalizar el programa de rehabilitación cardiaca y la mortalidad, de tal forma que la normalización de valores patológicos con la rehabilitación consigue que dichos pacientes tengan una mortalidad similar a la de las personas con recuperación de la frecuencia cardiaca basal normal dejando clara su utilidad y valor en pacientes con patología establecida, sedentarios sanos y en el caso de nuestro estudio en atletas de alto rendimiento.

La recuperación post-ejercicio de la frecuencia cardiaca no ha sido informada previamente en boxeadores, sin embargo según el análisis de la tasa de trabajo, el tiempo promedio para recuperarse después de series de carrera de alta intensidad

era menor a 15 segundos en el ejercicio intermitente el cual podría aplicarse al boxeo por sus características acíclicas reafirmando que el boxeador debería obtener un adecuado descenso de la frecuencia cardiaca durante la recuperación.

15.CONCLUSIONES.

Se realizó el análisis de las gráficas donde se observa que el 93% de la población en estudio obtuvo un valor superior a 12 latidos tras un minuto de recuperación post esfuerzo, cifras cercanas al 90% propuesto en el presente trabajo.

De los boxeadores que obtuvieron un valor menor a los 12 latidos no presentaron alteraciones durante la prueba de esfuerzo así como no mencionan en la historia clínica datos de alteraciones cardiovasculares ni se encontró algún signo clínico durante la exploración física sugerente de patología cardíaca.

Los boxeadores de menor peso tienen una mejor recuperación cardíaca esto debido en parte a que se ha visto que en promedio lanzan más golpes durante una pelea en relación a los pesos medios y pesados.

El grupo que llevaba un año de entrenamiento tuvo una mejor recuperación cardíaca aún cuando se esperaba una mayor recuperación en el grupo con un número mayor de tiempo entrenando lo que puede atribuirse al periodo de preparación física y horas de entrenamiento a la semana.

Los boxeadores amateurs presentaron una recuperación mayor que los boxeadores profesionales esto pudo deberse a la etapa de entrenamiento en el que se encontraban

Los boxeadores varones presentaron una mejor recuperación lo que era esperado por ser mencionado por varios autores en la literatura médica de fisiología del ejercicio.

El fútbol, baloncesto y ciclismo son deportes que presentan un mayor registro de muertes súbitas pero recordando que el boxeo es un deporte de componente dinámico y estático alto generando esfuerzos cardiovasculares importantes se debe

continuar el monitoreo de estos atletas sobre todo en aquellos que tengan el riesgo predisponente de una inadecuada recuperación de la frecuencia cardiaca.

16. SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES.

La frecuencia cardiaca de recuperación debe tomarse en cuenta como un parámetro objetivo de la valoración funcional de un atleta sobre todo en aquellas actividades deportivas donde la exigencia cardiovascular es alta y existe riesgo de sufrir muerte súbita.

El deportista de alto rendimiento no es una pregunta sencilla de responder ya que lleva su organismo al límite de sus capacidades por lo que se vuelve imprescindible integrar todos los recursos disponibles durante su evaluación, para oportunamente detectar todos aquellos indicadores que nos sugieran realizarle estudios con mayor sensibilidad y especificidad como resonancia magnética y estudios de medicina nuclear.

En países desarrollados como parte de la batería de pruebas avanzadas se utiliza este sencillo dato como un filtro para monitorizar tanto el nivel de aptitud física del atleta como su estado de salud obteniendo resultados positivos, por lo que es importante que en nuestro país en donde muchas veces solo contamos con la batería básica de pruebas no dejemos de lado a la frecuencia cardiaca de recuperación al minuto postesfuerzo como una relevante y accesible información que puede hacer una gran diferencia en el futuro de nuestros atletas.

Durante el seguimiento médico deportivo sería un dato de gran ayuda para monitorizar la mejoría de la condición física durante las etapas del entrenamiento del atleta, así como detectar la posibilidad de sobreentrenamiento.

Se sugiere realizar evaluaciones 72 horas posteriores a una pelea para poder observar su capacidad física cardiaca máxima (VO_2 máx.), así como una tasa de recuperación más confiable y poder determinar cuántos latidos puede llegar a

disminuir su frecuencia cardiaca, indispensable ya que a estos atletas solo se les da aproximadamente un minuto de recuperación entre cada round.

17.BIBLIOGRAFÍA.

- (1) <http://www.efdeportes.com/efd47/boxeo.htm>
- (2) Jack h. Wilmore, david I. Costill.fisiología del esfuerzo y del deporteeditorial paidotribo, 2007.
- (3) J.r. Barbanifisiología del ejercicio físico y el entrenamiento. Editorial paidotribo, 2002 - 192 páginas
- (4) Rodriguez mora Ricardo fisiologiadel Deporte Y El Ejercicio / Physiology of Sport and Exercise: Practicas De Campo Y Laboratorio / Field and laboratorypractices)Ed. Médica Panamericana, 01/04/2010 - 224 páginas.
- (5) Guyton&.Hall, *Tratado de Fisiología Médica*. 2000, décima edición, Editorial Mc Graw Hill.
- (6) MéndezGuadalajara Cardiología Editores 20127ma ed. 1349 páginas.
- (7) Braunwald Tratado de Cardiología Editorial el Sevier 2012.
- (8) *NetterCardiologia Editorial el Sevier-Masson 2006.*
- (9)*Exercise Physiology Laboratory Biomedical Sciences Department Faculty of Sport and Tourism, Novi Sad, Metropolitan University, Serbia.*
- (10) Chicharro y Fernandez."Fisiología del ejercicio" Ed.Panamericana. Madrid 2001
- (11) Research Centre for Health Studies, Faculty for Society and HealthBuckinghamshire New University, Buckinghamshire, ReinoUnido.
- (12) Urquiaga, C J.; ^[*]Balestrini, V.; Gutarra, M.; Saavedra, P.; Negrón, S.; Salvatierra, G.; Morales, R.; Cano, R. *Cardiología y Neurología* ArticleN°AJ31-13 Year 8, Number 31, January 2006
- (13) Yamamoto K, Miyachi M, Saitoh T, Yoshioka A, Onodera S (2001). *Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control*. Med Sci Sports Exerc 33:1496-1502
- (14)Perini R, Tironi A, Cautero M, Di Nino A. Tarn E, Capelli C (2006). *Seasonal training and heart rate and blood pressure variabilities in young swimmers*. Eur J ApplPhysiol 97:395-403

(15) KannankerilPJ, GoldbergerJJ (2002). *Parasympathetic effects on cardiac electrophysiology during exercise and recovery*. Am J Physiol Heart CircPhysiol282:H2091-2098

(16) Short KR, Sedlock DA (1997). *Excess postexercise oxygen consumption and recovery rate in trained and untrained subjects*. J ApplPhysiol 83:153-9

(17) Dra. Patricia Sangenis, Cardióloga, Coordinadora del grupo de trabajo Mujeres y Deportes de la Comisión Médica del COI, Directora científica y médica Dña. SusanGreinig, Directora de programas médicos para el coilausana al amparo de la comisión médica del coi (10 de diciembre de 2004). revisión cardiovascular antes de la competición *p u n t s . m e d i c i n a d e l ' e s p o r t . 2 0 0 8 ; 1 5 8 : 9 4 – 6*

(18) Laboratory of Analysis of Sport Performance, Physical Activity Department Faculty of Sport Sciences, University of the Basque Country, España.

(19) 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.

(20). PierpontGL, StolpmanDR, Gornick CC (2000). *Heart rate recovery post-exercise as an index of parasympathetic activity*. J AutonNerv Syst. 80:169-174

(21) BorresenJ, Lambert MI (2007). *Changes in heart rate recovery in response to acute changes in training load*. Eur J ApplPhysiol 101:503-511

(22) Christopher R. Cole, M.D., Eugene H. Blackstone, M.D., Fredric J. Pashkow, M.D., Claire E. Snader, M.A., and Michael S. Lauer, M.D. "Heart rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality"
N Engl J Med 1999; 341:1351-1357 October 28, 1999 DOI: 10.1056/NEJM199910283411804

(23) Borresen J, Lambert MI (2008). *Autonomic control of heart rate during and after exercise: measurements and implications for monitoring training status*. Sports Med 38:633-246

(24) Sugawaraj, Murakami H, Maeda S, Kuno S, Matsuda M (2001). *Change in post-exercise vagal reactivation "with exercise training and detraining in young men*. Eur J ApplPhysiol 85:259-263

(25) Imai K, Sato H, Hori M, Kusuoka H, Ozaki H, Yokoyama H, et al (1994). *Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients "with chronic heart failure*. J Am CollCardiol 24:1529-1535

(26) Darr KC, Bassett DR, Morgan BJ, Thomas DP (1998). *Effects of age and training status on heart rate recovery after peak exercise*. Am J Physiol254:H340-343

(27) Deepak P. Vivekananthan, MD,* Eugene H. Blackstone, MD, FACC,†‡ Claire E. Pothier, MA,*

MICHAEL S. Lauer, MD, FACC, FAHA*Heart Rate Recovery After Exercise Is a Predictor of Mortality, l independent of the Angiographic Severity of Coronary Disease Journal of the American College of Cardiology Vol. 42, No. 5, 2003

(28) <http://www.revespcardiol.org/es/congresos/sec-2012-el/1/sesion/prevencion-rehabilitacion/55/alteraciones-del-cronotropismo-debidas-obesidad/498/>

(29) <http://www.secardiologia.es/practica-clinica-investigacion/blog-cardiologia-hoy/circulation/3564-ejercicio-fisico-y-recuperacion-frecuencia-cardiaca>

(30) Jesús Álvarez-Hermsa, Sonia Julià-Sáncheza, Francisco Corbib, Teresa Pagèsa, Ginés Viscora,* Valoración de la frecuencia cardíaca de recuperación después de un programa de entrenamiento de fuerza resistencia en hipoxiaa*Departamento de Fisiología e Inmunología, Facultad de Biología, Universidad de Barcelona, Barcelona, EspañabInstituto Nacional de Educación Física de Catalunya (INEFC), Centro de Lleida - Universidad de Lleida (UdL), Lleida, Españase*septiembre de 2011.

(31)<http://www.revespcardiol.org/es/arritmias-cardiacas-inducidas-por-el/articulo/315/>

(32) Manonelles P, Aguilar B, Boraita A, Luengo E, Pons C, Suarez MP. La muerte súbita en el deporte. Registro en el Estado Español. Apunts. 2007;42:26-35.

(33) <http://g-se.com/es/evaluacion-deportiva/articulos/recuperacion-de-la-frecuencia-cardiaca-a-ultra-corto-plazo-en-atletas-de-diferentes-deportes-1412>

(34)<http://www.diariosigloxxi.com/texto-diario/mostrar/156453/la-muerte-subita-en-deportistas-se-puede-prevenir>

(35)<http://www.bioline.org.br/hn>,<http://www.FreeMedical-Journals.com>,
<http://www.doaj.org>,

(36)<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1348744/>

(37)<http://www.intramed.net/contenidover.asp?contenidoID=63305>

(38)http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S001638132005000200002&script=sci_arttext

(39) http://www.samfyc.es/Revista/PDF/v14n1/v14n1_07_artEspecial.pdf

(40)<http://vademedicus.com/consulta-medica-534-ARRITMIAS-CARDIACAS>

18. ANEXOS

ANEXO 1



Historia Clínica: Atención de Medicina del Deporte

Secretaría de Desarrollo
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	Tíos		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: SI ___ 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) _____

_____ 1/3 _____

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



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

Alteraciones antes, durante o después de entrenamiento o competencia: _____

Incapacidad deportiva: No Sí En caso de ser afirmativa es: Temporal Permanente
Clasificaciónes actuales : Deporte: _____ o actividad física _____
Cual: Inactivo Irregularmente activo Regularmente activo Muy activo Fitness

PADECIMIENTO ACTUAL

Lesión: _____ Seguimiento Médico Deportivo: _____ Valoración: Predeportiva Morfológica
Deportiva Funcional

Semiología

EXPLORACIÓN FÍSICA

Masa Corporal	Estatura	I.M.C.	F.C.	F.V.	P.A.	Temperatura °C	Grupo y Rh

HÁBITO EXTERIOR

Facies: _____ Actitud: _____ Género: _____ Edad aparente: _____
Constitución: _____ Conformación: _____ Marcha: _____
Movimientos anormales: _____ Estado de consciencia: _____
Hidratación de tegumentos: _____ Coloración de tegumentos: _____

Región anatómica	Normal	Describir si existe patología
Cabeza		
Cara		
Cuello		
Tórax		
Región precordial		
C. pulmonares		
Abdomen		
Genitales		
Tren superior		
Tren inferior		
Ortopédica		
Columna		



GONIOMETRÍA

Articulación: _____

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

◻ 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

ADULTO																PEDIÁTRICO									
DERECHO								IZQUIERDO								DERECHO					IZQUIERDO				
LINGUALES								VESTIBULAR								LINGUALES					VESTIBULAR				
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
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

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 2.

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Toluca Estado de México a _____

Por medio de la presente autorizo participar en el protocolo de investigación titulado: **DESCENSO DE LA FRECUENCIA CARDIACA DURANTE EL PRIMER MINUTO DE RECUPERACIÓN EN BANDA SIN FIN CON PROTOCOLO DE PUGH EN UN GRUPO DE BOXEADORES AMATEURS Y PROFESIONALES DE TOLUCA 2013.**

El objetivo el estudio es:

Conocer la tasa de recuperación de la frecuencia cardiaca al primer minuto en boxeadores sometidos a un esfuerzo máximo. Se me ha explicado que la participación consistirá en una evaluación medico deportiva.

Declaro que se me ha informado ampliamente sobre los posibles riesgos, inconvenientes, molestias y beneficios derivados de la participación en este protocolo.

Se pueden encontrar alteraciones cardiovasculares durante la prueba por lo que se realizarán en presencia del especialista y será referido a un servicio de salud correspondiente al padecimiento.

El responsable se ha comprometido a darle información oportuna sobre la conducta a seguir en caso de detectar alguna alteración.

Nombre y Firma del Atleta

Dr Antonio Alejandro Becerril Garduño.
CP. 7321012

ANEXO 3.



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: 28/08/2013

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 cardíaca de: latidos por minuto, con el % de su frecuencia cardíaca 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

ANEXO 4

PROTOCOLO PUGH

ETAPA.	Tiempo (min)	Velocidad (Km/hr)	Velocidad (MPH)	VO ₂ MÁX
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