

**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.**



"TASA DE RECUPERACIÓN DE FRECUENCIA CARDIACA, MEDIANTE LA PRUEBA DE ESFUERZO CON PROTOCOLO DE PUGH, EN JUGADORES PROFESIONALES DE FUTBOL ASOCIACIÓN SUB 20, TOLUCA, MÉXICO 2013"

PRESENTA:

M.C. JOSÉ LUIS GUEVARA GUERRERO

DIRECTOR:

M.S.P. SALVADOR LÓPEZ RODRÍGUEZ.

REVISORES:

E.M.D. HÉCTOR MANUEL TLATOA RAMÍREZ.
M. en I.C. HECTOR LORENZO OCAÑA SERVIN.
E.M.D. JOSÉ ANTONIO AGUILAR BECERRIL.
E.M.D. GUSTAVO SALAZAR CARMONA.

TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO, DICIEMBRE 2013

"TASA DE RECUPERACIÓN DE FRECUENCIA CARDIACA, MEDIANTE LA PRUEBA DE ESFUERZO CON PROTOCOLO DE PUGH, EN JUGADORES PROFESIONALES DE FUTBOL ASOCIACIÓN SUB 20, TOLUCA, MÉXICO 2013"

ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
I. MARCO TEÓRICO	4
A) RESPUESTA CARDIOVASCULAR AL EJERCICIO	4
A.1).- La regulación de los ajustes cardiovasculares durante el ejercicio	6
B) RESPUESTA CRONOTRÓPICA	7
B.1).- Factores endógenos y exógenos reguladores de la frecuencia cardiaca.....	8
B.2).- Mecanismo de control de la frecuencia cardiaca por el sistema nervioso autónomo.....	8
B.3).- Variabilidad de la frecuencia cardiaca	9
B.4).- Frecuencia cardiaca y actividad parasimpática	9
B.5).- Actividad simpática vs. Parasimpática en el ejercicio progresivo	9
B.6).- Comportamiento de la Frecuencia Cardiaca (Lineal o Sigmoideo)	10
B.7).- Punto de Inflexión de la frecuencia cardiaca	10
B.8).- Punto de deflexión de la frecuencia cardiaca	11
B.9).- Formula ergométrica para determinar la respuesta cronotrópica	11
C) RESPUESTA DE LA FRECUENCIA CARDIACA AL EJERCICIO	12
C.1).- Tipo de esfuerzo realizado en el fútbol.....	12
C.2).- Descripción del comportamiento de la frecuencia cardiaca después del ejercicio.....	13
D) MECANISMOS FISIOLÓGICOS QUE EXPLICAN EL CONTROL DE LA FRECUENCIA CARDIACA DURANTE LA RECUPERACIÓN (FCR)	14
D.1).- Fase rápida de la frecuencia cardiaca de recuperación.....	14
D.2).- Fase lenta de la frecuencia cardiaca de recuperación.....	14
E) LA CURVA DE RECUPERACIÓN (CR) EN ACTIVIDADES AERÓBICAS	15
E.1).- Clasificación de la curva de recuperación en actividades aeróbicas.....	16
E.2).- El consumo máximo de O ₂	16
E.3).- El comportamiento de la frecuencia cardiaca	18
E.4).- Tasa de recuperación de la frecuencia cardíaca	20
E.5).- Frecuencia cardiaca basal	21
E.6).- Frecuencia cardiaca máxima	21
E.7).- La FC como indicador de carga fisiológica	22
F) FACTORES QUE PUEDEN INFLUIR EN LOS VALORES DE FC MEDIDOS EN EL ENTRENAMIENTO Y EN LA COMPETICIÓN	23
F.1).- Consideraciones iniciales.....	23
F.2).- Factores que pueden influir en los valores de FC máxima	24
F.3).- Factores que pueden influir en los valores de FC basal	24
F.4).- Factores que pueden influir en los valores de FC medidos en el entrenamiento.....	25
F.5).- Factores que pueden influir en los valores de FC medidos en la competición	26
F.6).- Las experiencias de utilización de la FC, como indicador de carga fisiológica del deportista, dentro del contexto de la competición y del entrenamiento deportivo	28
F.7).- Las experiencias en el entrenamiento y en la competición con la FC	28
G) PRUEBA DE ESFUERZO	31
G.1).- Indicaciones de la sociedad española de cardiología para prueba de esfuerzo	32
G.2).- Contraindicaciones de prueba de esfuerzo	33

G.3).- Protocolos.....	33
G.4).- Protocolo de Pugh.....	34
G.5).- Ergómetros.....	35
G.6).- Criterios para terminación de la prueba de esfuerzo.....	36
G.7).- Evaluación e interpretación de la prueba de esfuerzo.....	36
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	38
III. JUSTIFICACIÓN.....	39
IV. HIPÓTESIS.....	41
VARIABLE EN ESTUDIO.....	41
UNIDAD DE OBSERVACIÓN.....	41
V. OBJETIVOS.....	42
GENERAL.....	42
ESPECÍFICOS.....	42
VI. MATERIAL Y MÉTODOS.....	43
Tipo de estudio.....	43
Límite de espacio.....	43
Diseño del estudio.....	43
Operacionalización de variables.....	43
Universo de trabajo.....	44
Población.....	44
Instrumentos de investigación.....	45
Material.....	45
Metodología.....	45
Diseño estadístico.....	46
VII. IMPLICACIONES ÉTICAS.....	47
VIII. RESULTADOS.....	48
IX. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	71
X. CONCLUSIONES.....	74
XI. SUGERENCIAS.....	76
XII. BIBLIOGRAFÍA.....	77
XIII. ANEXOS.....	88

RESUMEN

Objetivo: El objetivo del estudio fue la evaluación de la tasa de recuperación de la frecuencia cardíaca en jugadores profesionales de fútbol asociación después de 1 minuto de recuperación activa (TRFC) mediante una prueba de esfuerzo con protocolo de Pugh en banda sinfín.

Métodos: Veintiséis jugadores profesionales de fútbol asociación (19.1 ± 1 años). La prueba de esfuerzo fue realizada usando una banda sinfín con un protocolo de Pugh. Los sujetos se sometieron a la realización de prueba de esfuerzo previa historia clínica y consentimiento informado, con el protocolo de Pugh aumentando la velocidad en 2 km/hr en cada etapa (duración de 3 minutos), iniciando a 4km/hr y una inclinación de 1%, hasta lograr alcanzar su FCMax, fatiga muscular, abandono, etc. Con monitorización de la frecuencia cardíaca en toda la prueba y en periodo de recuperación, determinando la tasa de recuperación de frecuencia cardíaca.

Resultados: La tasa de recuperación de la frecuencia cardíaca (TRFC) de los jugadores evaluados fue de 21 (± 10.9) lpm. Siendo ubicados por posición de juego con mejor tasa de recuperación los delanteros (21.3 ± 12.8), seguidos por los mediocampistas (19.6 ± 9.8), los defensas (15 ± 6.2) y los porteros (13.7 ± 1.5). Se encontró el 80.8% de jugadores con una tasa de recuperación >12 lpm.

Conclusión: Estos datos demuestran mejor la función autonómica (simpática/parasimpática) en papeles con actividad aeróbica anaeróbica alternativa en comparación con otras funciones. Se concluye que el 80.8% de los jugadores de fútbol asociación presentaron una tasa de recuperación >12 lpm.

Abstract

Objective: The objective of the study was to evaluate the rate of heart rate recovery in professional football players association after 1 minute of active recovery (TRFC) by a stress test treadmill with Pugh's . protocol.

Methods : Twenty-six professional soccer players association (19.1 ± 1 years) . The stress test was performed using a treadmill with Pugh's protocol . The subjects underwent conducting stress test prior medical history and informed consent to the Pugh's protocol increasing the speed by 2 km / hr at each stage (lasting 3 minutes) , beginning at 4km/hr and an inclination of 1 % to achieve achieve your HRmax, muscle fatigue , desertion, etc.. With heart rate monitoring throughout the test and recovery period, determining the rate of heart rate recovery .

Results: The rate of recovery of heart rate (TRFC) was evaluated from the players 21 (± 10.9) lpm . Being located by playing position with better recovery rate forwards (21.3 ± 12.8), followed by midfielders (19.6 ± 9.8) , defenders (15 ± 6.2) and goalkeepers (13.7 ± 1.5). We found 80.8 % of players with a recovery rate > 12 bpm.

Conclusion : These data demonstrate better autonomic function (sympathetic / parasympathetic) in papers with alternative anaerobic aerobic activity compared with other functions. It is concluded that 80.8 % of association football players showed a recovery rate > 12 bpm.

INTRODUCCIÓN

El fútbol es el deporte más popular del mundo, practicado por más de 240 millones de jugadores en 1,4 millones de equipos y en 300,000 clubes repartidos por los cinco continentes. La Copa Mundial de la FIFA cuenta con una cantidad y una diversidad de seguidores que ninguna otra competición de un deporte único puede igualar. Si a ello se le suma la profunda pasión que despierta en todos los rincones del mundo, cabe hablar de todo un fenómeno deportivo, social y comercial (1).

El primer factor que hace del fútbol un fenómeno sin igual es, que el fútbol se puede jugar prácticamente sin medios. Otros deportes exigen unas condiciones mínimas para poder practicarse.

En fútbol, los mejores futbolistas no tienen por qué ser físicamente dotados. Al contrario, de repente, entre todos los atletas del fútbol, aparece una persona con baja estatura, con fenotipo ecto o endomórfico, y les demuestra que por mucho que se entrenen, por mucho que se metan en el túnel de viento para calcular su resistencia al viento, por mucho que acudan a clínicas deportivas donde calculen y le ayuden a mejorar la fuerza de su pegada o la velocidad de su arrancada, él será mejor que ellos.

Es de gran interés el estudio de la frecuencia cardíaca (FC) como una variable fisiológica que brinda información del estado de salud así como también en la asimilación del entrenamiento deportivo, en los jugadores, ya que su control permite conocer los cambios que ocurren en el organismo producto de los esfuerzos físicos de diferente potencia y duración, este indicador en el fútbol en particular ha sido tema de investigación de los especialistas, los que se han dirigido tanto al control de la carga en el entrenamiento como al estudio de los esfuerzos en el partido, permitiendo conocer en mayor medida las demandas energéticas que ocurren en el juego e incrementar la exactitud en la dosificación de las cargas físicas.

Durante el ejercicio, la frecuencia cardíaca aumenta por tres motivos: aumento de la actividad simpática, descenso de la actividad parasimpática y autorregulación homeométrica (la distensión aumenta la actividad del nódulo sinusal (2)).

Estas respuestas ocurren en el organismo como consecuencia de un mayor requerimiento del organismo a todos los niveles y como es lógico y de esperar, estos requerimientos disminuyen con el cese del ejercicio.

Es entonces cuando nos encontramos con la ya citada frecuencia cardíaca de recuperación, parámetro que nos indica la capacidad del organismo de descender su frecuencia cardíaca con el comienzo del cese del ejercicio.

“La recuperación de la frecuencia cardíaca después de un esfuerzo protocolizado es más rápida cuanto mayor sea la aptitud y preparación física del deportista o su nivel de entrenamiento” (3).

Por lo tanto, la actividad cardíaca nos ofrece una información muy amplia sobre la situación del deportista, por eso a lo largo de la historia han sido tres las vías para utilizar concretamente a la frecuencia cardíaca como parámetro de estimación de la aptitud física. Barbany (2) en 2002 refiere:

1. Estudios basados en las técnicas inicialmente descritas por Astrand y modificados posteriormente por otros autores, permiten efectuar una estimación indirecta de la aptitud aerobia máxima del deportista ($\text{VO}_2 \text{ max}$) valorando con protocolos estandarizados la frecuencia cardíaca alcanzada en trabajos de intensidad submáxima (2).
2. El seguimiento continuado de la frecuencia cardíaca a lo largo de ejercicios de intensidad creciente posibilita conocer la evolución de la frecuencia cardíaca y la potencia de trabajo a partir de la cual se pierde la proporcionalidad con la intensidad del esfuerzo.
3. La valoración de la frecuencia cardíaca durante la fase de recuperación posterior a un esfuerzo adecuadamente protocolizado, es un procedimiento clásico que merecería una cierta reutilización en aplicación a colectivos numerosos. La recuperación es tanto más rápida y eficaz cuanto mayor sea la aptitud física del deportista o su nivel de entrenamiento. Una recuperación lenta de la frecuencia cardíaca de reposo es indicativa de entrenamiento insuficiente, inadecuado o de sobreentrenamiento.

I. MARCO TEÓRICO

A) RESPUESTA CARDIOVASCULAR AL EJERCICIO

El ejercicio físico es un importante estresor del sistema cardiovascular, aumenta su funcionamiento y a la vez lo pone a prueba. Ahí radica la importancia de este sistema en el movimiento físico y si hay una patología que no permita un adecuado aumento de la función cardiovascular en este momento manifestarse (4).

La actividad física aumenta la capacidad física y más específicamente la fisiología cardiovascular, generando además adaptaciones morfológicas y fisiológicas cuando esta actividad se realiza constantemente con el tiempo.

El sistema cardiovascular se adapta para adecuar la irrigación sanguínea de los músculos en movimiento a las nuevas necesidades de O₂ y nutrientes para la generación de ATP, para mantener el equilibrio mediante la eliminación de desechos que están aumentados y para apoyar a todo el sistema en mantener la temperatura en equilibrio; esto se hace a través del aumento del gasto cardiaco, este aumento depende de la masa muscular implicada, a mayor masa muscular mayor es el aumento del gasto cardiaco, a mayor intensidad del ejercicio físico mayor es el aumento; también depende de la capacidad del corazón de aumentar el volumen sistólico, las mujeres tienen un corazón más pequeño que el de los hombres, eso lleva a que tengan una menor posibilidad de aumentar el volumen sistólico, también con el entrenamiento físico aeróbico las cavidades y las paredes del corazón aumentan de tamaño y esto les permite aumentar el volumen sistólico en ejercicio más que en las personas sedentarias (3).

El aumento del GC permite aumentar el O₂ que se lleva a todo el cuerpo, donde el gasto cardiaco es igual a la frecuencia cardíaca por volumen sistólico ($GC=FC \times VS$) y ambos se aumentan en el ejercicio físico (3).

El VO₂: (Consumo de O₂) es la cantidad de oxígeno que se consume o utiliza en el organismo por unidad de tiempo. El O₂ que consume un individuo en situación de reposo lo llamamos metabolismo basal y corresponde aproximadamente a 3.5 ml de O₂ por kilogramo de peso corporal por minuto, este valor equivale a un MET o unidad metabólica y es el gasto de oxígeno para mantener sus funciones básicas (3).

Con la actividad física este VO₂ aumenta y entre mayor intensidad hay mayor gasto de O₂. $VO_2 = GC \times (diferencia\ arteriovenosa\ de\ oxígeno)$, cuando aumenta el GC o la D (a-v) O₂, aumenta el VO₂ en ejercicio. Siendo la diferencia arteriovenosa de oxígeno la diferencia que hay en la cantidad de O₂ contenida en la sangre arterial y la sangre venosa, esta diferencia en reposo oscila alrededor de 5 ml, en ejercicio intenso puede llegar a ser de 15 ml., si es en entrenados puede llegar incluso a 18 ml de diferencia entre la sangre que sale por la aorta y la que llega a la aurícula derecha (3).

El sistema cardiovascular tiene una respuesta anticipatoria, en la que aumenta el tono simpático, como respuesta a lo que la corteza cerebral capta antes de iniciar a hacer actividad física, como sentir el aire de un espacio abierto o estarse vistiendo para la actividad física o ver la cancha, la piscina, la pista atlética; se presenta un aumento de la presión arterial (PA), de la FC, la frecuencia respiratoria (FR), la ventilación pulmonar y la contractilidad miocárdica, para preparar el cuerpo para la carga que va a tener. Esta respuesta es proporcional a la intensidad del ejercicio e inversa a la duración (3).

Cuando se realiza ejercicio hay una respuesta regulada por mecanismos nerviosos, que incluye un aumento significativo del funcionamiento del sistema nervioso simpático (SNS) y una disminución del sistema nervioso parasimpático (SNP), esta respuesta es generada inicialmente por estímulos de la corteza y luego por impulsos de propioceptivos locales. En el Bulbo raquídeo existe un centro vasomotor que recibe información de los termorreceptores cutáneos y centrales, los receptores pulmonares, de la composición del medio (quimiorreceptores) que dan información de hipoxia (niveles bajos de O_2), acidosis, (altos niveles de H^+ o de CO_2), hipercapnia (altos niveles de CO_2), hipoglicemia (bajos niveles de azúcar en Sangre) y barorreceptores que dan información de los niveles de presión arterial (5).

El otro centro de información se encuentra en el hipotálamo, que recibe información de la corteza cerebral y también de la periferia. Incluso se envían señales de la percepción sensorial y sistema límbico; estos cambios tisulares locales que se generan con la actividad física, generan vasodilatación arteriolar para así aumentar el flujo sanguíneo y además activan la medula suprarrenal para que aumente la secreción de catecolaminas (3).

Se aumenta la liberación de la noradrenalina (NA) en el nodo sinusal, por lo que se aumenta la velocidad de conducción, se aumenta la contractilidad cardíaca, aumentando el VS y se disminuye la liberación de acetilcolina, como disminución de la actividad del SNP. Aumenta la presión arterial sistólica (PAS), la presión arterial diastólica (PAD) en ejercicio aeróbico se queda en el mismo nivel e incluso puede bajar. Se presenta la redistribución de flujo sanguíneo, para llevar la sangre oxigenada donde se necesita. Se activa el eje hipotálamo-hipofisario, iniciando la respuesta endocrina al ejercicio, activándose el sistema renina-angiotensina-aldosterona, todos ellos enfocados al aumento de la PA, de aumento del volumen sanguíneo. Se aumenta la actividad de la hormona antidiurética (HAD) la cual inhibe la diuresis (la orina), por lo tanto disminuye la pérdida de líquido, con aumento de la secreción de sudor y se presenta vasodilatación cutánea para regular la temperatura (5).

Con el ejercicio también se desencadena una respuesta hidrodinámica que genera aumento de la sangre que llega por el sistema venoso al corazón derecho, esto hace que el corazón izquierdo tenga un aumento en el volumen sistólico, esto se da por la venoconstricción por el SNC, además en los músculos activos hay disminución de la resistencia venosa, esto permite que el flujo se de una manera más fácil, Los músculos activos ayudan a bombear la sangre al corazón; cuando se realiza la actividad física, aumenta la ventilación

pulmonar haciendo que los movimientos respiratorios sean más profundos, esto hace que la inspiración sea mayor y por las presiones del sistema respiratorio se de una bomba aspirativa que lleva sangre al corazón derecho (5).

Por otra parte también se aumenta la cantidad de sangre que llega al corazón por la redistribución de flujo, que hace que se disminuya en las áreas que no están activas como el lecho esplénico, cutáneo, renal y músculos inactivos (5).

El mayor retorno produce en el corazón mayor distensión en la aurícula derecha, que excita el nódulo sinusal y así un aumento de la FC, además lleva a un mayor llenado del ventrículo izquierdo (VI), mayor elongación de las fibras miocárdicas que lleva aumento en la fuerza de contracción y así un mayor volumen sistólico (ley de Frank-Starling) (5).

La FC aumenta linealmente con la carga de trabajo y el VO_2 hasta alcanzar la FC máxima, la cual disminuye con la edad, como la FC de reposo disminuye con el entrenamiento. Situaciones como la elevación en la temperatura, la humedad del aire, la presión atmosférica, ciertas enfermedades aumentan la FC de reposo y de ejercicio (6).

Durante el ejercicio, la frecuencia cardiaca aumenta por tres motivos: aumento de la actividad simpática, descenso de la actividad parasimpática y autorregulación homeométrica (la distensión aumenta la actividad del nódulo sinusal) (2).

A.1).- La regulación de los ajustes cardiovasculares durante el ejercicio

La principal teoría que prevalece sobre los ajustes cardiovasculares durante el ejercicio es la denominada teoría del control central desarrollada por Mitchell. Según esta teoría, las modificaciones iniciales de los parámetros cardiovasculares registrados durante un ejercicio dinámico se deben a un control por parte del SNC. La respuesta cardiovascular se va modificando gracias a la información que aportan una serie de bucles retroactivos, como los mecanorreceptores musculares y cardiacos (sensibles al estiramiento de la fibra muscular cardiaca y esquelética), los quimiorreceptores musculares (sensibles a la acidosis muscular), y a los barorreceptores arteriales (situados en las arterias carótidas y en la aorta). La parte respectiva de dichos bucles retroactivos aún no está precisada en relación con la función de intensidad del ejercicio (7).

En concreto, parece ser que el entrenamiento crea un desequilibrio entre la actividad tónica del acelerador simpático y las neuronas depresoras parasimpáticas a favor de un mayor dominio vagal. Es decir, con la práctica de ejercicio físico de forma regular se producen cambios en el control autonómico de la FC. Este hecho tiene lugar tanto en reposo como en cada una de las diferentes intensidades absolutas del ejercicio (8). Estas adaptaciones probablemente son responsables de la bradicardia observada a menudo en los atletas altamente entrenados con respecto a sujetos que no realizan un entrenamiento regular. En este sentido, después de estimar la función cardiaca

autonómica, a través del análisis de la variabilidad de la frecuencia cardiaca, medida durante 24 horas con un Holter, en 16 corredores de elite y 13 corredores de control, afirmaron que el aumento del tono parasimpático puede, al menos en parte, explicar la severa bradicardia sinusal típicamente observada en fondistas (9).

Además, los resultados a estudios de Iellamo y cols., indican, en atletas de alto rendimiento, que la carga de entrenamiento afecta simultáneamente tanto a los patrones de repolarización ventricular como a los de la variabilidad de la FC, a través de las variaciones en la activación cardiaca simpática (10).

Por otro lado, Oida y cols., sugirieron un mecanismo de control natural en la recuperación cardiaca después del ejercicio, es decir, la disminución de la FC durante la recuperación de un ejercicio dinámico, no se debe a la retirada del sistema nervioso simpático, sino, a una colaboración intensa de ambas vías autonómicas (11).

En resumen, el entrenamiento deportivo modifica el control de la FC en todo o en parte debido a mecanismos neurocardiacos (12).

B) RESPUESTA CRONOTRÓPICA

Es de gran importancia medir la respuesta cronotrópica durante el esfuerzo ya que es un indicador de integridad del sistema nervioso autónomo y de una posible patología cardiaca; el patrón de respuesta normal de la frecuencia cardiaca ante un ejercicio físico de intensidad constante tiene varias fases; inicialmente se observa un incremento rápido de la frecuencia cardiaca antes de comenzar el ejercicio (respuesta anticipatoria) como consecuencia de la actividad simpática originado por impulsos procedentes de la corteza cerebral) e inhibición del sistema parasimpático.

A continuación se produce una etapa de adaptación como aumento gradual y sostenido, una segunda fase de estabilización indicativo de estado estable y al final del ejercicio una etapa de recuperación en la que la frecuencia cardiaca disminuye progresivamente hasta alcanzar los valores de reposo.

La frecuencia cardíaca se incrementa de forma lineal en relación a la intensidad del ejercicio físico aproximadamente hasta 170lat/min en adultos. En esfuerzos mayores a 170 lat. /min se produce un retardo creciente del incremento de la frecuencia con tendencia a cercarse asintóticamente a un valor máximo.

La taquicardización excesiva a bajas cargas de ejercicio en una PE en un deportista puede ser debida a múltiples causas, siendo las más frecuentes un nivel bajo de entrenamiento aeróbico, la inadaptación al ergómetro o la presencia de alguna patología intercurrente.

La incompetencia cronotrópica sin embargo, se puede considerar como un signo de mala función ventricular o una enfermedad del seno.

B.1).- Factores endógenos y exógenos reguladores de la frecuencia cardiaca

Edad: existe una tendencia hacia la reducción de la frecuencia cardiaca, para esfuerzos de igual intensidad, a medida que aumenta la edad. El tiempo de recuperación de la frecuencia cardiaca en el postesfuerzo es más largo en los jóvenes. La frecuencia cardiaca máxima disminuye con la edad.

Género: La frecuencia cardiaca durante el esfuerzo es mayor en mujeres que en hombres para la misma edad y ejercicio, debido a una menor capacidad de transporte de oxígeno por la sangre de la mujer, al tener concentraciones de hemoglobina inferiores.

Tipo de ejercicio: En ejercicios que se movilice mayor masa muscular la frecuencia cardiaca máxima será más elevada. Ante una misma carga de trabajo la respuesta de la frecuencia cardiaca varía con el tipo de ejercicio en función de los grupos musculares movilizados en cada actividad.

Condiciones ambientales

Temperatura: La frecuencia cardiaca para igual esfuerzo es mayor con temperatura elevada.

Humedad del aire: Al aumentar el porcentaje de humedad relativa del aire obliga a medidas de regulación térmica que hacen aumentar la frecuencia cardiaca.

Presión atmosférica: la disminución de la presión barométrica con la altitud y en consecuencia la disminución de la presión parcial de oxígeno del aire crea una situación de hipoxia relativa con descenso de la presión arterial de oxígeno que origina un aumento de la actividad simpática con mayor frecuencia cardiaca en reposo y en ejercicio.

Condiciones patológicas: en pacientes anémicos, con valvulopatías o convalecientes de enfermedades infecciosas entre otras patologías, presentan una FC en esfuerzo mayor que los individuos sanos para igual ejercicio (13).

B.2).- Mecanismo de control de la frecuencia cardiaca por el sistema nervioso autónomo.

Básicamente, la frecuencia cardiaca es modulada por una acción conjunta, pero independiente, de los ramos simpáticos y parasimpáticos del sistema nervioso autónomo.

La cascada de eventos que caracterizan el control autonómico de la frecuencia cardiaca es complementaria; aparentemente, las etapas son las mismas para el simpático y el parasimpático. Lo que difiere es el tipo de hormona neurotransmisora secretada (acetilcolina o noradrenalina), sus correspondientes tipos de receptores (muscarínicos o alfa y beta-adrenérgicos) y el tipo de proteína-G (Gi, inhibitoria o Gs, excitatoria), es decir, las etapas iniciales poseen diferencias que determinan la aceleración o disminución de la frecuencia cardiaca en la etapa final. Como ambos estímulos acontecen al

mismo tiempo, el valor de la frecuencia cardiaca no puede ser fijo, (variabilidad de la frecuencia cardiaca) (14).

B.3).- Variabilidad de la frecuencia cardiaca

La variabilidad de la frecuencia cardiaca es más evidente en reposo de que en el ejercicio; de una forma general, se admite que la variabilidad de la frecuencia cardiaca sea un marcador de la actividad autonómica, o sea, cuanto mayor la oscilación de la frecuencia cardiaca en reposo, mayor la participación vagal. Una reducción del tono vagal cardiaco y consecuentemente de la variabilidad de la frecuencia cardiaca, independientemente del protocolo de medición, está relacionada a disfunción autonómica, a enfermedades crónico-degenerativas y a riesgo de mortalidad aumentado y representa, de esta forma, un importante indicador del estado de salud.

La disminución aislada de la variabilidad de la frecuencia cardiaca expresa aumento de tres a cinco veces el riesgo relativo de mortalidad por evento cardiaco (15).

Los resultados de Migliaro y Byrne sugieren que la edad sería el principal factor de disminución de la modulación autonómica, independientemente de la condición aeróbica (16).

B.4).- Frecuencia cardiaca y actividad parasimpática

Los cuerpos celulares del sistema nervioso parasimpático (SNP) están localizados en el tronco cerebral y en la porción sacra de la médula espinal. Cuando son estimulados liberan acetilcolina, que retarda el ritmo de la descarga sinusal y torna al corazón más lento. Este efecto es mediado esencialmente por la acción de los nervios vagos, cuyos cuerpos celulares, se originan en el centro cardio inhibitor del bulbo. Durante la práctica de actividad física, así como también en situación de "lucha o fuga", la estimulación de los nervios cardio aceleradores simpáticos liberan catecolaminas: adrenalina, noradrenalina (17).

B.5).- Actividad simpática vs. Parasimpática en el ejercicio progresivo

El comportamiento de la frecuencia cardiaca durante el ejercicio progresivo es mediado por el sistema nervioso autónomo (SNA). La variabilidad de la frecuencia cardiaca representa la oscilación temporal entre consecutivas contracciones del miocardio (sístoles); se demostró la participación exclusiva del nervio vago en la respuesta de la frecuencia cardiaca durante el transcurso inicial del ejercicio y la predominancia de la actividad vagal durante el reposo, siendo gradualmente inhibida en el ejercicio submáximo tanto activo como pasivo hasta el nivel máximo de esfuerzo, donde la actividad parasimpática aparentemente es totalmente inhibida, produciendo menor o ausencia de variabilidad en la frecuencia cardiaca, en el inicio y durante los niveles bajos a moderados de intensidad del ejercicio, el aumento de la frecuencia cardiaca es procesada por la remoción de la estimulación parasimpática; durante el ejercicio más extenuante la aceleración de la frecuencia cardiaca ocurre por la activación directa de los nervios cardio aceleradores simpáticos; la magnitud de la aceleración aumenta en proporción directa con la intensidad y duración del esfuerzo.

B.6).- Comportamiento de la Frecuencia Cardíaca (Lineal o Sigmoideo)

Se ha observado en muchas investigaciones destinadas al análisis de la frecuencia cardíaca en test de carga progresiva, que la frecuencia cardíaca aumenta de forma casi lineal. Esto dio origen a inúmeros modelos teóricos basados en regresiones lineales, creando un “paradigma” en relación a la frecuencia cardíaca y su comportamiento en test de carga progresivas y por tanto, en la interpretación de estos factores para la predicción de la potencia aeróbica máxima (18).

La curva de la frecuencia cardíaca en relación al aumento de la carga de trabajo, presentara un comportamiento lineal. Mientras tanto, algunos autores observaron que la curva de frecuencia cardíaca presenta una característica curvilínea (19).

Este modelo, en que la curva de la frecuencia cardíaca en función a la carga de trabajo, podría ser curvilínea y presentar puntos de transición, fue nuevamente estudiado y reformulado por Lima en 1997. Lima encontró, en la mayoría de los individuos estudiados, mejores ajustes provenientes de ecuaciones sigmoideas (“S”), con la consecuente identificación de un punto de inflexión en la curva (PIFC), próximo al primer umbral de lactato.

Recientemente, resultados similares utilizando el mismo ajuste sigmoideo propuesto por Lima. De Oliveira (20) encontró la misma relación del PIFC con el primer umbral de lactato en test de pista. Desde la publicación de los primeros trabajos describiendo el comportamiento de la frecuencia cardíaca en test de carga progresiva (TCP) se ha observado que el aumento de la frecuencia cardíaca no es perfectamente lineal, comenzando en cargas bajas de trabajo hasta cargas máximas. Taylor et al. en una de sus investigaciones relató que aproximadamente la mitad de los individuos presentó un comportamiento lineal de la frecuencia cardíaca, 14% presentaron punto de inflexión en cargas altas de trabajo y el 36% restantes tendía a una curva de deflexión) en cargas próximas al esfuerzo máximo (21).

Por otro lado, en cargas bajas, los factores emocionales y ambientales se suman al estrés de la carga de trabajo (22). Otros autores ya sugieren que en la porción inferior de la frecuencia cardíaca en TCP tenga un comportamiento curvilíneo, semejante al observado en porción superior (23).

B.7).- Punto de Inflexión de la frecuencia cardíaca

En estudios realizados por De Oliveira, identificaron la existencia de un punto de inflexión en estadios iniciales en la relación Carga de trabajo/frecuencia cardíaca y la posibilidad de que la causa de este fenómeno en cargas bajas en TCP se debe a las modificaciones del sistema nervioso autónomo. Se explica este aumento de la frecuencia cardíaca en el inicio del ejercicio físico por causa de que estaría asociado a una disminución del tono parasimpático y que el posterior aumento de la frecuencia cardíaca, se debe a la exacerbación o predominancia del tono simpático con su efecto de liberación de hormonas estimulantes (20).

En esta etapa de transición entre el tono parasimpático y simpático se origina una respuesta de la frecuencia cardíaca evidenciando una quiebra en

la curva, esa quiebra correspondería al punto de inflexión de la frecuencia cardiaca en test de carga progresiva (24).

B.8).- Punto de deflexión de la frecuencia cardiaca

Conconi y cols. (25) fueron los primeros investigadores en asociar el punto a partir del cual la frecuencia cardiaca inicia el comportamiento curvilíneo con el umbral anaeróbico, denominándolo Punto de Deflexión de la Frecuencia Cardiaca (PDFC). Vale resaltar que, inicialmente, el umbral anaerobio utilizado por Conconi, correspondería al primer umbral de lactato o ventilatorio, siendo que, posteriormente, fue observado que el PDFC debería ser encontrado en intensidades similares al segundo umbral de lactato o ventilatorio, y no con el primero (25).

El análisis del comportamiento de la frecuencia cardiaca es utilizado para la evaluación de la aptitud física y para la prescripción del ejercicio, y continuará siendo uno de los parámetros del estrés fisiológicos más simple de controlar. Pero como ya es sabido, se debe tener cautela cuando se quiere predecir por medio de la frecuencia cardiaca, otros eventos fisiológicos, tales como cinética de lactato o derivaciones de éste.

La frecuencia cardiaca no deja de ser una buena opción para el control de la intensidad durante el ejercicio, sobre todo, cuando las condiciones, en términos de recursos, no son favorables, o cuanto se trabaja con un número elevado de sujetos, así como también en pesquisas epidemiológicas. Cabe resaltar que, para la evaluación de la aptitud cardiovascular utilizando la frecuencia cardiaca como parámetro de medición, se debe tener cuidado con los resultados y su aplicabilidad, debido a que la frecuencia cardiaca presenta grandes variaciones en función de múltiples factores, como por ejemplo la temperatura ambiente, edad, condición física, y también por el uso de medicamentos y/o enfermedades (26).

Considerando las diversas posibilidades de aplicación de la medición de la frecuencia cardiaca y su interpretación, debemos tomar en cuenta que las estrategias de su utilización como herramienta diagnóstica, pronostica así como también para la prescripción del ejercicio, deben ser basadas en evidencias científicas, de modo de disminuir los riesgos y equívocos de su interpretación y, por otro lado, potencializar su aplicación.

B.9).- Formula ergométrica para determinar la respuesta cronotrópica

$$FC \text{ máxima} - FC \text{ mín}$$

RESPUESTA CRONOTRÓPICA	
Adecuada	7 – 10 latidos.
Lenta	< 7 latidos.
Aumentada	> 10 latidos.

(American College of Sport Medicine) (27).

C) RESPUESTA DE LA FRECUENCIA CARDIACA AL EJERCICIO

La frecuencia cardíaca es el mejor indicador de la magnitud del ejercicio. Aunque se sabe desde hace tiempo que la frecuencia cardíaca proporciona una medida razonablemente fiable del gasto cardíaco, la tendencia a una frecuencia inferior con una carga de trabajo estándar, ha sido considerada a menudo como una cuestión de entrenamiento.

C.1).- Tipo de esfuerzo realizado en el fútbol

Para conocer los patrones metabólicos que intervienen durante un partido de fútbol, se tendrán que analizar las características del juego y los esfuerzos realizados por los futbolistas. En un inicio, se analiza la distancia total que recorre un futbolista durante un partido de fútbol.

La distancia total recorrida durante un partido por cada jugador oscila actualmente, por término medio, entre 10 y 13 km (28,29,30). Shepard en una revisión publicada sobre el tema, sitúa la distancia recorrida entre 8 y 12 km, el límite inferior en la distancia recorrida se debe a la inclusión en la revisión de jugadores amateur de ligas no profesionales (31). Las diferencias aportadas pueden depender principalmente de los jugadores estudiados y de los métodos empleados para la obtención de datos en los diversos estudios. Una mayor capacidad aeróbica y el entrenamiento de resistencia están relacionados con una mayor distancia recorrida durante un partido (29,32). Aunque, fundamentalmente no hay que olvidar que existen múltiples diferencias entre unos y otros juegos, en los que influyen multitud de variables: dependientes del propio jugador, como serían los aspectos psicológicos, que no siempre podríamos conocer y que podrían influir en su actitud durante el juego. Otras ajenas al futbolista: el estilo de juego, la calidad de los oponentes, las consideraciones tácticas, el tamaño de la cancha, el estado del terreno. Todas estas variables hacen que existan diferencias en la distancia total recorrida por los futbolistas durante un partido, e incluso por un mismo jugador en dos partidos diferentes (29,33). No obstante dicha distancia ha aumentado considerablemente en el transcurso de los años, desde los de 3 a 5 Km por encuentro en los años 50-60 a los 10-13 Km actuales (34). Esta mejora del rendimiento puede deberse, entre otras causas, a una mejora de los sistemas de entrenamiento y del control científico de los mismos (35).

Por otro lado, la distancia recorrida es diferente según la posición que un futbolista ocupa en el terreno de juego, así se ha comprobado que los mediocampistas recorren más distancia que los defensas y delanteros (29,33,36). También se ha constatado una mayor distancia recorrida entre el primer tiempo con respecto al segundo (33,36,35).

Anteriormente se comentó que los futbolistas realizan durante un partido diferentes tipos de esfuerzos. La mayor parte del tiempo realizan esfuerzos de baja y media intensidad, mientras que los esfuerzos de alta intensidad, son breves y están repartidos aleatoriamente durante todo el encuentro (33,37). El tiempo de realización de los mismos varía sustancialmente según las circunstancias del juego, el planteamiento táctico, de la capacidad de los futbolistas, físicas y técnicas, la posición en el campo (38,39).

Los esfuerzos de alta intensidad son más frecuentes en delanteros y defensas (40) mientras que los centrocampistas realizan más esfuerzos de mediana y baja intensidad (36). Algunos autores han encontrado diferencias en los esfuerzos realizados en la primera y segunda parte. Di Salvo y cols. han constatado una disminución de los esfuerzos de mediana intensidad en el segundo tiempo (41) e incluso una disminución en la velocidad de los movimientos en general, con más periodos de baja intensidad (42).

En resumen, teniendo en cuenta la bibliografía consultada, se puede concluir que un jugador de fútbol está realizando esfuerzos de baja intensidad durante la mayor parte del partido y sólo esporádicamente realiza esfuerzos a máxima intensidad. Sin embargo esta última actividad aunque poco duradera, tiene una gran importancia en el desarrollo del juego, ya que la mayoría de las acciones decisivas de un partido de fútbol (regate, tiro, remate, despeje...) se realizan a máxima intensidad. Un jugador de fútbol recorre durante un partido una media de 10 a 13 km, dependiendo de muchos factores, no todos controlables. Defensas y delanteros recorren menor distancia pero sus esfuerzos son generalmente de más intensidad. Los mediocampistas recorren más distancia, pero sus esfuerzos son principalmente de mediana y baja intensidad. Generalmente la distancia recorrida es menor en el segundo tiempo y los esfuerzos suelen ser de menor intensidad.

C.2).- Descripción del comportamiento de la frecuencia cardiaca después del ejercicio.

Diversos estudios que han valorado la frecuencia cardiaca durante la recuperación, han observado que dicho parámetro sigue un comportamiento inversamente proporcional a la duración de la recuperación.

Clásicamente, la recuperación de la frecuencia cardiaca se produce en dos tiempos (43,44). En un primer tiempo que dura aproximadamente un minuto, se objetiva un descenso rápido. Posteriormente se produce un descenso más lento, que continua a lo largo de un periodo de tiempo indeterminado. Por consiguiente, se distinguen dos fases: Primera fase de descenso rápido de la FC (FCRR) y segunda fase de descenso más lento (FCRL). Los dos componentes de la FCR pudieran relacionarse estrechamente con las características del ejercicio (tipo, intensidad y duración) y las condiciones fisiológicas o patológicas de las personas que realizan un ejercicio (44,45,46).

En general, la intensidad y la duración del ejercicio, pudieran condicionar la frecuencia cardiaca de recuperación. Algunos autores (47) relacionan el comportamiento del consumo de oxígeno y la frecuencia cardiaca durante la recuperación, indicando que la frecuencia cardiaca de recuperación depende principalmente de la intensidad y en menor medida de la duración del ejercicio.

Sin embargo, otros autores (48) no encontraron diferencias significativas en el comportamiento de la frecuencia cardiaca de recuperación en tres tipos de esfuerzo de diferente intensidad y duración, por lo que la frecuencia cardiaca de recuperación en la fase rápida pudiera ser independiente de la intensidad del ejercicio, mientras que la fase lenta de la recuperación de la frecuencia cardiaca podría depender más directamente de la intensidad del ejercicio.

D) MECANISMOS FISIOLÓGICOS QUE EXPLICAN EL CONTROL DE LA FRECUENCIA CARDIACA DURANTE LA RECUPERACIÓN (FCR)

Los mecanismos fisiológicos que explican la FCR son complejos y difíciles de estudiar. Por tanto, la mayor parte de las explicaciones relativas a los mecanismos fisiológicos se derivan de los estudios relativos a la respuesta de la frecuencia cardiaca a esfuerzos de intensidad creciente.

La FCR se encuentra regulada por un conjunto de mecanismos, cuya participación relativa se desconoce, pero que se pueden dividir en: intrínsecos, nerviosos y hormonales. El análisis se puede realizar en función de las dos fases de la FCR o en función de los citados mecanismos.

D.1).- Fase rápida de la frecuencia cardiaca de recuperación.

La fase rápida de la recuperación cardiaca se puede explicar por la interacción entre las dos subdivisiones del sistema nervioso vegetativo (SNV).

Las primeras hipótesis apuntan a mecanismos intrínsecos del miocardio. Los procesos celulares por los cuales se produce una activación/desactivación de los efectos de las catecolaminas y de acetilcolina podrían ser responsables de la fase rápida de la recuperación del corazón. Ya en 1934, Rosenbluth y Simeone (49) determinaron el efecto de la estimulación simultánea del nervio vago y las terminaciones simpáticas. El tono vagal se modula mediante el número de descargas sobre el nódulo sinusal. Por el contrario, el tono simpático se relaciona estrechamente con la concentración de catecolaminas. Las dos subdivisiones del sistema nervioso vegetativo se activan o desactivan gradualmente según el grado de intensidad alcanzada.

Cuando termina el ejercicio y se inicia la recuperación, ya sea de forma pasiva o activa, se produce un cambio de la actividad del SNV, motivado probablemente por señales centrales y periféricas. Uno de los mecanismos nerviosos que podrían explicar el descenso rápido de la Frecuencia cardiaca (FC) es la entrada en funcionamiento del baroreflejo. Savin y cols. (50) sugieren que la inhibición del SNV simpático interviene de forma decisiva en el descenso de la FC durante la fase rápida. Sin embargo, López y cols. (51) encontraron que la FC correspondiente a los 30 segundos de la recuperación es dependiente de la reactivación vagal y no se relaciona con la inhibición simpática.

D.2).- Fase lenta de la frecuencia cardiaca de recuperación.

Al igual que en el estudio de la fase rápida, también existen controversias en cuanto a los mecanismos fisiológicos que tienen lugar en dicha fase. Savin y cols. (50) consideran que la fase lenta de la recuperación de la frecuencia cardiaca se produce por un predominio de la actividad parasimpática. Otros autores (51) establecen que la FC correspondiente a los 120 segundos de recuperación se relaciona estrechamente con la intensidad de trabajo y con la actividad del sistema simpático.

Finalmente, Los factores hormonales juegan un papel importante en el control de la fase lenta de la frecuencia cardiaca de recuperación. El incremento de la actividad de la médula adrenal puede condicionar la respuesta cardiaca, ya que se ha constatado un aumento de la concentración de catecolaminas hasta 8 horas después de finalizado el ejercicio (52). No obstante, los deportistas entrenados presentaban una menor respuesta adrenérgica, bien por disminución de la sensibilidad adrenal a la estimulación de la ACTH o por disminución del feedback negativo del cortisol sobre el eje hipotálamo-hipofisario (53).

En resumen, parece evidente que la observación del comportamiento de la FCR en dos fases no permite realizar un análisis fisiológico simple. Los efectos de la actividad vegetativa sobre el corazón no obedecen a conceptos matemáticos de suma algebraica ni media geométrica. Teniendo en cuenta el grado de estimulación del sistema nervioso vegetativo parasimpático, nos sugiere que su efecto sobre la FC puede ser el mismo independientemente de la presencia de catecolaminas circulantes. De la misma manera, a una concentración determinada de catecolaminas, el efecto sobre la FC puede ser independiente del grado de excitación parasimpática.

El fútbol se caracteriza como un deporte que requiere la ejecución de carreras intermitentes y destrezas técnicas con el balón las cuales ocurren al azar y determinadas por la dirección del ataque y la posición táctica de los jugadores. También se ha descrito al fútbol como un deporte que se caracteriza por acciones cortas de alta intensidad, con pausas de duración variable entre ellas (54).

E) LA CURVA DE RECUPERACIÓN (CR) EN ACTIVIDADES AERÓBICAS

Se entiende por curva de recuperación (CR), al tiempo que necesitamos para recuperar la condición hemostática del medio interno y estar nuevamente en un nivel funcional de reposo, alcanzando un equilibrio del nivel funcional (estabilidad fisiológica), después de realizada la sesión de entrenamiento.

La curva de recuperación, se encuentra principalmente dentro de la fase final o vuelta a la calma de una sesión de entrenamiento, y continua durante varias horas dependiendo de la actividad física realizada. La fase final, se caracteriza por mantener un proceso regenerativo, para producir una supercompensación del organismo en general. De igual manera, existe una relación directa entre la frecuencia cardíaca, durante esta fase, con los valores alcanzados en el consumo de oxígeno.

Son varios los aspectos que se encuentran relacionados directa e indirectamente con la CR, entre los que se destacan: la condición física, el estado anímico, el medio ambiente, la capacidad para adaptarse y asimilar las cargas de entrenamiento, entre otros. A continuación, se presenta una clasificación de la CR en las actividades físicas aeróbicas ligeras, moderadas y vigorosas, atendiendo los porcentajes (%) de disminución de la FC post-esfuerzo, al 1'30", 3' y 5'; como una de las conclusiones de un estudio

realizado a un grupo de personas, cuyas edades oscilan entre los 18 y 64 años.

E.1).- Clasificación de la curva de recuperación en actividades aeróbicas

CLASIFICACIÓN	A.F. LIGERA 55% AL 64% Fcmáx			A.F. MODERADA 65% AL 74% Fcmáx			A.F. VIGOROSA 75% AL 90% Fcmáx		
	1'30"	3'	5'	1'30"	3'	5'	1'30"	3'	5'
BIEN	15%	20%	25%	20%	25%	30%	25%	30%	35%
SATISFACTORIO	10%	15%	20%	15%	20%	25%	20%	25%	30%
SUFICIENTE	5%	10%	15%	10%	15%	20%	15%	20%	25%

Uno de los aspectos importantes para destacar, es el porcentaje (%) de descenso de la frecuencia cardiaca, en dependencia de la actividad física realizada. La respuesta cardiovascular post-esfuerzo es consecuente al grado de exigencia al que fue sometido el individuo, de tal manera que, a mayor intensidad del trabajo realizado, mayor % de recuperación, durante los primeros tres (3) minutos post-esfuerzo. Para estar dentro de una clasificación de "Bien", en las actividades físicas ligeras y moderadas, se debe poseer un promedio general de la FC por debajo de las 100ppm, a los tres (3) minutos post-esfuerzo, independiente de la edad. En las actividades con intensidades vigorosas, el descenso después de los tres (3) minutos, depende de la condición física y la edad, en este sentido, sujetos en edades comprendidas entre los 20 y los 30 años, deberán tener una FC promedio de 115 ppm. Mientras que sujetos en edades comprendidas entre los 40 a los 64 años, presentaran una FC menor o igual a 105ppm (55).

E.2).- El consumo máximo de O₂

A la cantidad máxima de energía que puede suministrar el metabolismo aeróbico, por unidad de tiempo, se la denomina potencia aeróbica máxima. La potencia aeróbica máxima se mide determinando el VO₂ máx, puesto que existe una relación lineal entre el VO₂ y la cantidad de energía suministrada al aparato contráctil por el metabolismo aeróbico (56).

Este parámetro parece no constituir un factor preponderante en la prestación del futbolista, ya que, su capacidad de trabajo no está necesariamente condicionada por él. Además este parámetro es evaluado de forma habitual en condiciones que no se asemejan, en lo esencial, a la actividad que el jugador desenvuelve en el partido. No obstante, el VO₂ máx parece constituir un argumento que beneficia la prestación del futbolista de una forma indirecta, en la medida en que viabiliza una recuperación más rápida entre esfuerzos, retarda la aparición de la fatiga y permite mantener el desempeño de elevada intensidad ya que, el VO₂ máx define la capacidad de un jugador para sostener un ritmo elevado de juego, entendiendo que cada deportista tiene su perfil

fisiológico, lo que conduce a ser cauto en la interpretación y uso de la información obtenida (57).

En cualquier caso, es un parámetro que ha sido tenido en mucha consideración a tenor de los numerosos estudios que lo han medido a través de diversos métodos.

Por otro lado, los diferentes roles que adoptan los jugadores en competición hacen que los valores de consumo máximo de oxígeno puedan sufrir ciertas modificaciones, ya que, Nowacki y cols. (58) observaron que el puesto específico que ocupa el jugador determina los valores registrados en él, debido a que el consumo máximo de oxígeno que determinaron para P. Breitner, lateral izquierdo en 1974, fue de 66.4 ml/kg/min, mientras que en 1982 este mismo jugador, jugando de defensa central, obtuvo en su test de esfuerzo máximo un valor de 60.7 ml/kg/min. Ambos test fueron realizados con idéntica metodología. En este sentido, son los centrocampistas los que presentan valores más altos de VO_{2max} que el resto de puestos específicos (59). Además de los centrocampistas también se ha señalado a los defensas laterales como los roles posicionales con mayores valores de consumo máximo de oxígeno (60).

El VO_{2max} puede estar determinado también por la competición, ya que, los jugadores habituales presentan un consumo máximo de oxígeno mayor que los reservas (61). Del mismo modo, también puede estar determinado por el momento de la temporada, debido a que existe un incremento acusado en el valor medio del consumo máximo de oxígeno de los jugadores entre el comienzo de la pretemporada y su finalización (62) así como un ligero incremento entre el comienzo de la temporada y el comienzo de la segunda parte de la temporada (63), e incluso entre el comienzo de la temporada y la finalización de la temporada (61). Sin embargo, también se ha determinado una reducción del 3% del VO_{2max} de los jugadores estudiados, a mitad de temporada, con respecto a los resultados obtenidos después de la pretemporada (63).

Apor (34) ha sugerido que puede existir una correlación positiva entre una elevada potencia aeróbica máxima y el éxito en el fútbol, citando estudios de la liga de Primera División Húngara, donde la clasificación final era igual a la clasificación en función del parámetro consumo máximo de oxígeno (1º Ujpesti Dózsa 66.6 ml/kg/min; 2º FTC 64.3 ml/kg/min; 3º Vasas SC 63.3 ml/kg/min; 5º Honvéd SE 58.1 ml/kg/min), manifestando la diferencia que existía entre los valores de VO_{2max} de jugadores con diferentes niveles competitivos, presentando valores de VO_{2max} más altos los jugadores de mayor nivel competitivo. En esta misma línea, Wisloff y cols.(64) determinaron diferencias significativas entre el consumo máximo de oxígeno del Rosenborg (67.6 ± 4.0 ml/kg/min), campeón de la Liga Noruega y el Strindheim (59.9 ± 4.1 ml/kg/min), último clasificado.

Lo que sí se ha conseguido establecer es una correlación positiva y significativa entre el máximo consumo de oxígeno y la distancia total cubierta en el transcurso de los partidos por los jugadores (65). Este hecho resulta

lógico, ya que, son los centrocampistas los que mayor distancia cubren en un partido de fútbol, los que mayores valores de consumo máximo de oxígeno obtienen en los tests, y los que parecen tener una distribución fibrilar de los músculos más oxidativa. En este sentido, también se ha encontrado una correlación positiva entre el consumo máximo de oxígeno y la aptitud para resistir el deterioro en la velocidad del sprint, de duración y distancia fijada, durante un partido de entrenamiento (66).

E.3).- El comportamiento de la frecuencia cardiaca

Ha sido común usar la frecuencia cardiaca (FC) como un indicador para medir la carga de trabajo fisiológica en situaciones de campo, es decir, durante el entrenamiento y/o la competición. Este hecho se debe a que, como afirma Bosco (67) es de gran ayuda conocer cuales son las frecuencias cardiacas que alcanzan los jugadores en competición. Además, técnicamente no presenta grandes complicaciones ni demasiados inconvenientes en los jugadores el llevar un equipo de registro que, hoy en día, consta de un transmisor con cinta alrededor del tórax y de un receptor en forma de reloj digital que se puede colocar en diversos sitios que no causen molestias ni interferencias en el rendimiento del jugador.

Algunos estudios han mostrado que existe una variación de la FC de esfuerzo esto puede significar que el fútbol además de ser un esfuerzo intermitente, es realizado a una intensidad variable cerca de los valores submáximos (68).

Sin embargo, existen numerosos factores que pueden alterar la homogeneidad de un estudio de estas características, como son: dimensiones del terreno de juego, evolución del marcador, puesto específico, planteamiento táctico, características del terreno de juego, condición física del jugador, interrupciones, inferioridad numérica, etc.(69). A este respecto, se han observado diferencias significativas en las demandas fisiológicas de los jugadores en función de la demarcación ocupada dentro del sistema táctico del equipo (70). En concreto, en la FC existen variaciones importantes, ya que, los centrocampistas mantienen más tiempo sus valores de FC constantes, es decir, presentan menos oscilaciones que los valores de FC de los delanteros y defensas (71), y los defensas centrales son los que presentan valores de FC media más bajos en el partido (72,73,74,68).

La unidad de frecuencia se expresa en ciclos por minuto o en Hertz. En este caso, un método sencillo para realizar mediciones del sistema cardiovascular es la medición de la frecuencia cardiaca.

Las investigaciones de Schwabegger y cols. (75) mostraron como la medición de la FC sólo será significativa si se ha efectuado por medios mecánicos como por ejemplo la ayuda de un MRC (Monitor de Ritmo Cardíaco), ya que, la medida manual resulta demasiado inexacta y por lo tanto no es fiable.

En laboratorio es posible determinar la FC de forma instantánea, por la precisa medición del periodo que separa dos ondas R sucesivas del electrocardiograma (76). No obstante, el electrocardiograma no resulta un medio operativo cuando queremos realizar mediciones de la FC en el ámbito de la actividad física y del deporte, ya que, el equipo necesario que emplea

este medio resulta incomodo para poder expresar de manera natural los movimientos propios de cada actividad y deporte. De esta forma, los pulsómetros o monitores de ritmo cardiaco más actuales son los medios mecánicos empleados para la medición de la FC, en el ámbito de la actividad física y el deporte, que se expresa en latidos por minuto. A través de ellos se detectan las ondas eléctricas que corresponden con la actividad rítmica del músculo cardiaco, siendo en realidad un registro electromiográfico simplificado que ofrece la posibilidad de obtener secuencias de periodos cardiacos instantáneos con una precisión de tiempo inferior a una centésima de segundo, acercándose a valores de una milésima de segundo, dependiendo del aparato utilizado (76). En este sentido, se ha tratado de comprobar la validez y fiabilidad supuesta de los MRC comparando sus registros con los obtenidos de un Standard de oro como es el ECG o el Holter. Karvonen y cols. (77) compararon las mediciones de FC del MRC PE 2000 y las del ECG, en diferentes situaciones con cicloergómetro y tapiz rodante, encontrando frecuentes diferencias de entre 1 y 5 lat/min, sin embargo, concluían que ambos métodos eran igualmente valiosos para medir la FC durante el ejercicio.

Imai y cols. (78) muestran como la rápida desaceleración inicial de la frecuencia cardiaca tras el ejercicio podía atenuarse con atropina. Además los pacientes con insuficiencia cardiaca, que padecen un marcado desequilibrio del sistema nervioso autónomo no presentaban la rápida caída inicial de la frecuencia cardiaca observada en sujetos normales y atletas.

En 2010 Jolly y cols. (79) publican un interesante estudio donde valoran el impacto de un programa de rehabilitación cardiaca sobre la FCR. En un grupo de 1070 pacientes consecutivos (excluidos portadores de marcapasos, trasplantados cardiacos y pacientes con arritmias auriculares) derivados específicamente para rehabilitación cardiaca durante un periodo de 18 años se valora la FCR al inicio y al finalizar el programa de rehabilitación cardiaca.

El programa de entrenamiento, basado en los protocolos de la Asociación Americana de Rehabilitación Cardiovascular y Pulmonar consistía en 12 semanas de ejercicio, al menos tres sesiones por semana, bajo supervisión médica. Las sesiones consistía en 10-15 min de calentamiento y estiramientos, seguido de un periodo de 30 a 50 minutos de ejercicio aeróbico continuo a una intensidad del 50% al 80% de la frecuencia cardiaca de reserva calculada a partir de la ergometría inicial. Las sesiones terminaban con un periodo de enfriamiento de 15 a 20 minutos. Dependiendo de las habilidades del paciente se empleó cinta rodante, cicloergómetro, máquinas "step", o elípticas. Además los pacientes recibieron consejo dietéticos, y del control del peso, la presión arterial, los lípidos, la diabetes y abordaje psicosocial. Antes de iniciar el programa los pacientes se sometieron a una exhaustiva valoración clínica, analítica y funcional. La media de edad era de 61 años, un 775 hombres y más del 95% de los pacientes que participaron se habían sometido a revascularización cardiaca, o cirugía cardiaca (coronaria, valvular o reducción miocárdica).

E.4).- Tasa de recuperación de la frecuencia cardíaca

En el estudio de Jolly (79) la ergometría se realizó principalmente en cinta rodante y empleando los protocolos de Cornell o Naughton. Se alentó a los pacientes a ejercitar hasta la aparición de síntomas, pese a haber alcanzado el 85% de la frecuencia cardíaca máxima predicha para la edad. El protocolo se terminaba con 2 minutos de recuperación a una velocidad de 2,4 km/h y una inclinación del 2,5%. La FCR o tasa de recuperación (TR) se definió con la diferencia entre la frecuencia cardíaca en el máximo esfuerzo y la frecuencia cardíaca exactamente 1 minuto tras iniciar el periodo de recuperación. Un valor de FCR menor o igual a 12 lpm se consideró anormal. Concluyendo la siguiente formula:

Tasa de recuperación: FCmax de esfuerzo- FCR en 1er.minuto

Tras la participación en el programa de ejercicio la FCR media del grupo aumentó significativamente de 13,2 a 16,6 lpm. De los 544 pacientes con una FCR anormal al inicio del programa, 225 (41%) normalizaron la FCR al finalizar el programa. Se observó una mejoría de la FCR en aquellos pacientes que presentaban una FCR normal al inicio del estudio. Fueron predictores de incapacidad de mejorar la FCR mediante el programa de ejercicios: edad avanzada, enfermedad arterial periférica, diabetes, empleo de nitratos, ausencia de mejora en la capacidad aeróbica, e insuficiencia cardíaca congestiva previa. El fracaso en la normalización de la FCR fue predictor de mayor mortalidad. Los pacientes con FCR anormal al inicio y al final del programa fueron los que presentaron menor supervivencia. Los pacientes que presentaban una FCR anormal al inicio del programa y normal tras completar el programa presentaron una mejoría en la supervivencia respecto a aquellos en los que la FCR permaneció anormal. Además, no se observó diferencia en la supervivencia entre los pacientes que presentaban una FCR normal al inicio y final del entrenamiento y aquellos que mejoraron con el mismo. La FCR al inicio del estudio dejó de tener un valor predictivo sobre la mortalidad, siendo únicamente predictiva la FCR al final del programa de entrenamiento. El uso de los betabloqueantes (62% de los pacientes del estudio) no limitó la capacidad de la FCR de predecir la mortalidad.

Imai y cols. (78) llevan a cabo un estudio que aunque incluye un número escaso de pacientes es interesante tanto por el programa de entrenamiento empleado, el método de medición de la FCV como por sus conclusiones. Un grupo de 14 sujetos jóvenes sanos (edad media 25 años) son sometidos a un programa de entrenamiento de resistencia tres días por semana (60 min/sesión) durante 6 semanas. Cada sesión consistía en 5 ejercicios. Los ejercicios se seleccionaron para trabajar todos los grandes grupos musculares del hemicuerpo superior e inferior. Los principales músculos de las piernas (cuadríceps e isquiotibiales), espalda (latísimo, trapecio, erector espinal y romboides) y bíceps, se entrenaron en una misma sesión. Los principales músculos del tórax (pectoral mayor/menor), hombros (deltoides), y tríceps se entrenaron en la siguiente sesión de entrenamiento. Se emplearon pesos libres y maquinas. Antes de cada sesión se realizaba un calentamiento con una serie de 15 repeticiones del primer ejercicio de cada sesión con un peso submáximo. Posteriormente se realizaban tres series de cada ejercicio, con un descanso entre series de 1-2 minutos. Las primeras 2 semanas el peso debía permitir al

menos 12-15 repeticiones. A partir de la cuarta semana se debía de aumentar el peso para que permitiera realizar un máximo de 8 a 12 repeticiones, aumentando el peso a medida que aumentaba la fuerza de cada individuo para asegurar un máximo de 8 a 12 repeticiones. El diseño del programa tenía como intención aumentar la fuerza e hipertrofia muscular. Se indicó a los sujetos que no debían de realizar ningún programa de entrenamiento aeróbico durante todo el estudio. Al terminar el programa de entrenamiento se sometían a 4 semanas de vida sedentaria (desentrenamiento). La FCR se obtenía tras un protocolo de cicloergometría, un minuto tras cesar el esfuerzo. El estudio muestra una mejora de la FCR tras el entrenamiento y regresión tras el desentrenamiento. El estudio muestra como el entrenamiento de resistencia también mejora la FCR.

E.5).- Frecuencia cardiaca basal

La FC de base, de forma tradicional, ha sido medida tras un periodo de reposo suficiente del sujeto en posición tumbada. En concreto, Chamoux y cols. (80) consideran a la FC de base como la FC media de seis horas de sueño.

La FC basal de los jugadores de fútbol ha sido determinada en función de los distintos niveles competitivos (81) registrándose los valores más bajos en los jugadores de mayor nivel competitivo (50 ± 9 y 54.6 ± 4.4 lat/min para jugadores de Primera División Alemanes) con respecto a los de menor nivel competitivo (55.9 ± 6.7 y 60.6 ± 14.5 lat/min para jugadores de Segunda División Alemana y Liga Nacional Suiza). También se ha comparado la FC basal entre jugadores de fútbol de élite y la población en general (82,83).

Los resultados de estos estudios indican, en los jugadores de elite, un valor (64.6 ± 7.4 lat/min) significativamente más bajo que el obtenido por el grupo control (74.9 ± 10.5 lat/min).

Por otro lado, no se han encontrado diferencias significativas en función de la posición ocupada por los jugadores en el campo (83).

E.6).- Frecuencia cardiaca máxima

La determinación de la FC máxima (FCM) también ha sido objeto de estudio por parte de algunos autores debido a que resulta un dato imprescindible para poder evaluar la intensidad a la que el jugador está trabajando, ya que, si dos jugadores presentan los mismos valores de FC en una tarea de entrenamiento, no significa que ambos estén trabajando a la misma intensidad, debido a que su FC máxima puede ser distinta.

Por otro lado, la FC máxima no aumenta con el entrenamiento pero puede experimentar una ligera reducción como resultado de una menor estimulación simpática en esfuerzo máximo (35). De hecho, la FC máxima disminuye de manera lineal después de los 30 años aproximadamente, aunque se ha observado a un ciclista de 45 años, que todavía corría en competiciones de carácter Regional, un valor de FC máxima de entre 190 y 195 lat/min, valor muy superior al previsto por la ecuación de Astrand y Rhyning (84). En este sentido, la predicción de la FCM en función de la edad puede considerarse

únicamente como una estimación o acercamiento a los valores reales. La extrapolación de esta fórmula para calcular la FCM en diferentes poblaciones supone un gran riesgo de error, ya que se tiene que valorar el género, actividad y grado de entrenamiento. En la práctica la FC máxima se suele medir a través de un ejercicio hasta la extenuación (85). Sin embargo, no existe un consenso acerca de la mejor manera de medir la FCM.

Así mismo, Barbero y cols.(86), encontraron que, en ocasiones, el valor de FCM obtenido en jugadores profesionales de fútbol sala a través de un Test de Conconi en tapiz rodante era superado por los registros obtenidos durante los partidos de competición. Este hecho sugiere la necesidad de manejar toda la información posible sobre el pico de FC máxima para minimizar el riesgo potencial de subestimar o sobreestimar cuando calibramos la intensidad del ejercicio a través de la FC.

Tradicionalmente se ha usado un test de laboratorio de esfuerzo máximo para determinar la FC máxima en jugadores de fútbol de elite (87)(58)(88)(73)(89)(59) sin embargo, tanto el ergómetro como el protocolo utilizado pueden marcar diferencias en los resultados obtenidos. Además es necesario tener en cuenta en este tipo de evaluaciones la variabilidad individual (35). Por otro lado, también se ha llegado a determinar la FCM a través de un esfuerzo de carrera máximo de corta duración de 250 m (85).

Para la obtención de la FCM en este trabajo se utilizará la fórmula de Lester et al (90,91) que nos menciona que para su cálculo se requiere realizar una resta de 205 al producto de la edad del sujeto por una constante de 0.41, que se basa en la aplicación en hombres y mujeres sanos entrenados (92).

Esta fórmula ha sido utilizada en el Centro de Medicina de la Actividad Física y el Deporte, de la Universidad Autónoma del Estado de México, para el cálculo de la frecuencia cardíaca máxima en pacientes entrenados.

E.7).- La FC como indicador de carga fisiológica

La frecuencia cardíaca, el consumo de oxígeno y el lactato sanguíneo son las principales variables fisiológicas que definen las intensidades absoluta y relativa de las cargas del entrenamiento (93). Es decir, son las principales variables fisiológicas que podemos utilizar para medir el nivel de estrés fisiológico que soporta un deportista durante el entrenamiento y/o la competición.

La posibilidad de utilizar la FC como indicador de carga fisiológica viene dada porque las variaciones en la FC durante el ejercicio correlacionan con cambios en la intensidad del ejercicio y puede ser medida directamente. Existen diferentes caminos para poder expresar la intensidad de trabajo a través de la FC. Hopkins (94) estableció que la FC absoluta es usada para monitorizar la intensidad en el día a día en atletas individuales, pero también puede ser expresada como un porcentaje, respecto de la FC máxima del atleta, para controlar las diferencias entre atletas. Además, si se toma en cuenta las diferencias entre deportistas en cuanto a su FC de base, podemos expresar la intensidad como un porcentaje de su FC de reserva, tal y como determinaron Karvonen & Vuorima (95) con la siguiente fórmula:

$(FC \text{ de entrenamiento} - FC \text{ de base}) / (FC \text{ máxima} - FC \text{ de base}) \times 100.$

En el fútbol se ha utilizado, como indicador de la intensidad de la carga, la FC total de la sesión de entrenamiento, multiplicando la FC media de la sesión por el tiempo de duración (93,96). Los resultados de estos trabajos expresan una FC media de la sesión de entrenamiento de entre 7.317 ± 648 y 14.810 ± 768 latidos (93), y de entre 4.000 y 12.000 latidos (96) siempre con jugadores profesionales. En esta línea, también los valores de FC recogidos, durante el entrenamiento o la competición, pueden convertirse en consumo de oxígeno sobre la base de la relación individual que mantienen la FC y el consumo de oxígeno, establecida en una prueba en laboratorio.

F) FACTORES QUE PUEDEN INFLUIR EN LOS VALORES DE FC MEDIDOS EN EL ENTRENAMIENTO Y EN LA COMPETICIÓN.

F.1).- Consideraciones iniciales

La FC aumentará o disminuirá, de forma principal, debido al diferente tipo e intensidad del esfuerzo que esté realizando el deportista, ya sea en el entrenamiento o en la competición. En este sentido, Dal Monte y cols. (97) afirmaban que el comportamiento de la FC durante los partidos de competición y entrenamiento en baloncesto confirmaba la variabilidad del desempeño cardiovascular, con valores de FC que se modificaban constantemente en el tiempo, llegando a alcanzar valores máximos. Este hecho parece demostrar que la FC se adapta al tipo de esfuerzo intermitente, con periodos aleatorios de actividad alta e incluso máxima y periodos de actividad baja e incluso de “parón físico”, que requieren los deportes de equipo.

Por otro lado, y en relación con lo anteriormente expuesto, también se ha confirmado en poblaciones de deportistas (51) tras realizar una prueba de esfuerzo máximo en cinta rodante, que la FC muestra una rápida disminución tras el esfuerzo pudiendo descender en 30 segundos más de 25 lat/min, lo que corrobora la buena adaptación, en cuanto a la expresión de los diferentes esfuerzos, que pueden presentar los registros de FC que podemos medir en entrenamiento y en competición en los deportes de esfuerzo intermitente. También debemos tener en cuenta que las velocidades de recuperación varían de un individuo a otro y dependen del nivel de entrenamiento de resistencia. La pendiente de la disminución de la FC postejercicio es la misma, cualquiera que sea el nivel de entrenamiento. La diferencia reside en el hecho de que, para una misma potencia absoluta de ejercicio el deportista entrenado tiene una FC inferior a la del no entrenado, por lo tanto, recuperará más rápidamente un valor de latidos/minuto (84).

No obstante, esta adaptación de la FC al esfuerzo exigido no es inmediata, ya que, existe un lapso de tiempo, entre cuando se comienza un esfuerzo y cuando la FC expresa la intensidad de dicho esfuerzo. Es decir, en deportes donde el tipo de esfuerzo es intermitente, como el fútbol, la FC no es capaz de expresar al segundo la carga de trabajo fisiológico que tiene soportar en cada momento, sino que existe un tiempo de latencia entre la realización del esfuerzo y la expresión de éste en valores de carga interna de FC.

F.2).- Factores que pueden influir en los valores de FC máxima

Weineck (98) considera que la FCM en esfuerzo disminuye al aumentar la edad, siendo éste un factor condicionante de la misma. Además, la medición de la FCM puede verse alterada por diversos factores, los cuales no son fáciles de controlar: nivel de condición física, fatiga, motivación, o estrés. Boudet y cols. (99)(85) realizó una descripción de cada uno de los factores de variación de la FC máxima:

1. La FCM disminuye con la edad. Esta disminución se relaciona con una bajada en la sensibilidad de las células del miocardio a las catecolaminas, con una disminución de los receptores específicos de las catecolaminas y con una disminución de la secreción de las mismas.
2. La FCM varía en función de la posición en la que se realiza el ejercicio, ya que, en una posición horizontal, como por ejemplo en la natación, la FC máxima disminuye una media de entre 5 y 10 lat/min. Este hecho se debe a que la posición horizontal favorece el aumento del retorno venoso.
3. La FCM varía con el entrenamiento. En los sujetos entrenados, la FC máxima disminuye por el efecto “de freno” del sistema nervioso parasimpático o de la fatiga.
4. La demora hasta que se alcanza la FCM es variable. Esta depende del grado de calentamiento y del nivel de entrenamiento.
5. Nivel de aptitud física: en sujetos jóvenes no existe relación entre la FCM y el nivel de aptitud física, sin embargo, en el resto de sujetos la FCM es proporcional al rendimiento, ya que, los sujetos que mantienen un nivel mayor en su FC máxima en el envejecimiento rinden estadísticamente más que los otros.

Todos estos factores se deben tener en cuenta a la hora de evaluar la FC máxima del jugador de fútbol, ya que, resulta un paso absolutamente necesario si se quiere prescribir la intensidad de entrenamiento individual de los jugadores en función de la FC.

F.3).- Factores que pueden influir en los valores de FC basal

El entrenamiento parece ser el factor que de forma más determinante va a afectar a los valores de la FC de base. Los sujetos con un alto nivel de entrenamiento presentan una bradicardia basal con respecto a sujetos no entrenados o menos entrenados (100). También, factores emocionales, nerviosismo y aprensión pueden afectar a la FC en reposo (101). El efecto de todos estos factores es el inverso al de efectuar un entrenamiento regular, es decir, la FC de base se verá aumentada en las situaciones donde tenga lugar uno o varios de los factores antes mencionados.

Como en el caso de la FC máxima, se debe tener en cuenta estos factores a la hora de evaluar la FC basal del jugador de fútbol, si se quiere prescribir la intensidad de entrenamiento individual de los jugadores en función de la FC.

F.4).- Factores que pueden influir en los valores de FC medidos en el entrenamiento

Los valores de FC se pueden ver alterados por diversos factores que debemos tener en cuenta si queremos determinar e interpretar correctamente la carga fisiológica de trabajo de los jugadores durante el entrenamiento en función de este parámetro. No obstante, no debemos olvidar que el primer factor, y principal, por el cual se produce una variación en la FC de un jugador durante el entrenamiento es la intensidad de la tarea, es decir, del propio entrenamiento. Otros factores que debemos tener en cuenta:

1. Una enfermedad por la que esté atravesando el jugador, que tiene el mismo efecto sobre la FC que el sobreentrenamiento, es decir, taquicardia.
2. La medicación que esté tomando el jugador, ya que, son varios los medicamentos que influyen la FC, como los betabloqueantes que disminuyen la FC de base, de entrenamiento y la FC máxima, los medicamentos antiasmáticos que incrementan la FC, y los diuréticos y los estimulantes (anfetaminas, cafeína, etc.) que también provocan una taquicardia.
3. La ansiedad o el estrés mental elevará en algunas ocasiones la FC durante el entrenamiento, aunque el ejercicio normalmente ayuda a reducir el estrés.
4. El tipo de medio de entrenamiento que utilicemos en algunos momentos, debido a que un jugador tendrá diferentes valores de FC con diferentes medios de entrenamiento para un mismo nivel de esfuerzo: carrera, bicicleta, natación, etc. Este hecho se debe al número de grupos musculares implicados (cuantos más músculos estén implicados, más alta será la FC) y a la posición que adoptemos, ya que, en posición horizontal como es el caso de la natación, se facilita el retorno venoso e implica una disminución de los valores de FC para un mismo nivel de esfuerzo.
5. Una técnica deportiva eficaz tenderá a disminuir los valores de FC en ciertos jugadores (técnica de carrera adecuada, dominio del balón en carrera, buena técnica de natación, etc.)
6. Una recuperación insuficiente entre sesiones de entrenamiento provocará que la FC esté más elevada en la siguiente sesión de entrenamiento, debido a que la FC de base se encuentra por encima de sus valores habituales.
7. La pérdida de fluidos y la deshidratación pueden provocar una disminución del rendimiento y podría afectar a la FC elevándola. Asociada con esta posibilidad se encuentra la subida de la temperatura corporal, ya que, al perder fluidos se eleva la temperatura corporal del jugador provocando un incremento en su FC (12,102). Este hecho tiene lugar cuando se prolonga un ejercicio en un medio ambiente caluroso con respecto al mismo ejercicio a una temperatura ambiente baja (18). No obstante, la deshidratación y la hipertermia, por separado, no reducen de forma significativa el gasto cardiaco. En cambio, ambos procesos en combinación (pérdida del 4% del peso corporal y subida de 1° C de la temperatura corporal) producen una reducción significativa en el gasto cardiaco, es decir, un incremento en la FC, un descenso en el flujo de sangre a los músculos, en la presión sanguínea, etc. (103). Sin embargo, esta modificación en la FC puede ser solamente de unos pocos lat/min (94), e incluso una previa aclimatización a la temperatura ambiente, puede minimizar los efectos del estrés térmico, en la FC, durante el ejercicio moderado (104).
8. Una nutrición adecuada, en general, mantendrá una FC tendente a la baja

para un mismo nivel de esfuerzo. En caso contrario, la tendencia será a la inversa, aunque siempre dependerá del tipo de comida que el jugador esté ingiriendo habitualmente.

9. La fatiga muscular puede afectar a los valores de FC, de forma general, tenderá a elevarla. Esta elevación de la FC es debida a la disminución del pH sanguíneo (12). Sin embargo, a largo plazo y a altas intensidades de entrenamiento la fatiga no permitirá al jugador alcanzar los valores de FC que quiera, es decir, tenderá a disminuirla.

Por último, uno de los factores que parece no afectar a los valores de FC, durante el entrenamiento, es el calentamiento previo. Chesler y cols. (105) analizaron la respuesta cardiovascular al ejercicio intenso repentino. En su estudio realizaron dos tests idénticos de elevada intensidad, en cicloergómetro, consistente en pedalear durante 30 segundos a 400 vatios a 80 rpm. Uno de los test con previo calentamiento y el otro sin él. Los resultados mostraron que tanto si este ejercicio se realizaba con el debido calentamiento o no, la respuesta cardiovascular no resultaba inadecuada, no presentándose cambios isquémicos en el ECG.

F.5).- Factores que pueden influir en los valores de FC medidos en la competición

Dentro de la competición, los principales factores que creemos que debemos tener en cuenta a la hora de determinar y posteriormente interpretar correctamente la carga/estrés fisiológico que supone la competición para el jugador de fútbol, en función de la FC, son:

1. La propia competición, es decir, el análisis de la competición (la naturaleza del juego, los factores de rendimiento, las dimensiones del terreno de juego, etc) que nos va a permitir comprender las evoluciones propias de la FC dentro de cada deporte en concreto, en este caso el fútbol.

2. El esfuerzo del jugador en el transcurso de la competición.

3. Otros factores pueden influir en que la FC no sea fiel reflejo de la carga fisiológica y

del esfuerzo físico que soporta el jugador en competición. Estos factores pueden ser los mismos que pueden afectar a los valores normales de FC del jugador durante el entrenamiento, sin embargo, consideramos que tienen especial relevancia los que hacen mención a:

- La ansiedad o el estrés mental.
- La recuperación insuficiente entre la última sesión de entrenamiento y la competición, o entre competiciones.
- La pérdida de fluidos y la deshidratación.

En concreto, hablando específicamente del fútbol, la duración de la actividad, las dimensiones del espacio de juego, el estrés psicológico por la presencia de adversarios reales, la tensión por la obtención del resultado, la presencia de público y un ambiente más o menos favorable, son algunos factores, entre otros, que pueden incrementar las demandas sobre la función cardiaca (93), aunque es necesario puntualizar a este respecto que Nogués Martínez (106) no encontró diferencias significativas en los valores de FC de los jugadores

entre los partidos de competición jugados como local y los jugados como visitante, en jugadores no profesionales.

Como se ha comentado, el concepto de estrés aparece siempre como uno de los principales factores a tener en cuenta a la hora de medir, y posteriormente interpretar de forma adecuada los valores de FC. El estrés ha sido definido como una respuesta adaptativa a un estímulo externo (107). Además, el estrés, dentro del ámbito de la actividad física y el deporte, significa el nivel de activación en que se encuentra un ser vivo o alguno de sus órganos o sistemas, con el objeto de exigirle un rendimiento superior al normal y así afrontar con éxito cualquier situación que se le presente a lo largo de su vida deportiva. El estrés será, por lo tanto, el nivel de excitación y el nivel de respuesta alcanzada, aspectos que no siempre alcanzan el mismo grado o situación (108). De esta forma, el estrés es un aspecto inherente al deporte de competición y puede ser considerado dentro de este como un complejo proceso psicofisiológico a menudo resultante de los cambios emocionales, cognitivos y fisiológicos que provoca la competición (109).

El estudio del estrés en el fútbol ha evidenciado algunos puntos de relación entre el estrés psíquico y el fútbol, especialmente en jugadores al inicio de su carrera. Además la región del país, la condición de profesional o amateur, así como la franja de edad influyen en la percepción de las situaciones estresoras (110).

Hablando en términos más fisiológicos, las respuestas e interacciones del eje hipotalámico-pituitario-adrenal y del sistema neurovegetativo, pueden jugar un papel clave en señalar el nivel de estrés, sin embargo no ha sido comprobado si el estrés de la competición en atletas de elite afecta simultáneamente al funcionamiento de los sistemas endocrino y neurovegetativo. En este sentido, no se han encontrado diferencias significativas en los valores de FC y en sus variaciones, medidas en intervalos R-R, recogidos por la mañana y por la tarde en días de entrenamiento, y los recogidos, de igual modo, en un día de competición, en atletas del Equipo Olímpico Italiano (110). No obstante, se han encontrado, que los niveles de cortisol, recogidos por la mañana, eran significativa y marcadamente más altos el día de la competición que en los días de entrenamiento, y se incrementaban aún más por la tarde, en contraste con los días de entrenamiento, donde los niveles de cortisol decrecían por la tarde. De este modo, han podido constatar el distinto efecto que el estrés de la competición induce en el control neurovegetativo de la FC, y en la secreción de cortisol, en atletas de elite.

En base a lo anterior, podría resultar interesante también puntualizar, con el ejemplo gráfico que propone Billiat (84), que después del nerviosismo que puede experimentar una campeona olímpica de los 400 m. justo antes de la final, en la que debe intentar conservar su título, el esfuerzo máximo borra cualquier modificación cardiovascular, comparado con una simple carrera de 400 m. de serie. Por lo tanto, los valores máximos no se verán alterados por los factores emocionales, que son difuminados por los estímulos debidos a la potencia metabólica requerida, al menos, durante el esfuerzo.

En definitiva, a pesar de que se ha puesto de manifiesto la enorme complejidad que representa la cuantificación de estos factores, se hace necesario intentar conocer en que medida estos factores pueden afectar a la fiabilidad de la FC como un indicador de la carga o el estrés fisiológico que soportan los jugadores de fútbol en la competición, para ello, debemos acudir a aquellas experiencias y estudios que hayan tenido.

F.6).- Las experiencias de utilización de la FC, como indicador de carga fisiológica del deportista, dentro del contexto de la competición y del entrenamiento deportivo

La FC es un parámetro frecuentemente utilizado como indicador de intensidad del esfuerzo y como medida indirecta del coste energético de la actividad física (111). En este sentido, Chatard (32) afirmaba que el principal interés de medir la FC reside en la cuantificación de la intensidad del entrenamiento o del rendimiento. Este autor mantiene que la relación entre la FC y la velocidad de carrera o la potencia muscular es, de forma global, lineal, ya que, a todo aumento de la potencia muscular, corresponde un aumento en la FC. De esta forma, definía la FC máxima como el 100% del consumo de oxígeno y el porcentaje de 0% teórico corresponde a la FC basal. De hecho, las prescripciones del entrenamiento basadas en la FC, para designar los parámetros metabólicos con la subsecuente monitorización de la FC, proporcionan a entrenadores y atletas exactitud en la medición de la intensidad del entrenamiento (104).

Sin embargo, también se ha definido a la FC como un método de control de la intensidad del entrenamiento o la competición que no siempre resulta válido, ya sea por la variabilidad en la respuesta individual, ya sea por la presencia de otros factores que afecten a su comportamiento normal (112). En esta línea, Lopez Calbet y cols. (113) determinaron, en estudiantes de Educación Física, y a través de test de esfuerzo en tapiz rodante conforme al protocolo de Conconi (El test de Conconi consiste en un test de esfuerzo de intensidad progresiva hasta el agotamiento durante el cual se determina la FC al final de cada incremento de intensidad), que la relación entre FC e intensidad de esfuerzo era lineal sólo a intensidades bajas de esfuerzo, es decir, que la relación entre FC e intensidad de esfuerzo es curvilínea durante el ejercicio de intensidad progresiva. No obstante, se desconocen los mecanismos fisiológicos responsables de esta inflexión en la FC y las razones de la ausencia de inflexión en algunos sujetos.

F.7).- Las experiencias en el entrenamiento y en la competición con la FC

La FC es un indicador muy útil y fiable del trabajo realizado y de la adaptación cardiovascular al esfuerzo (114), ya que, a pesar de la gran cantidad de factores que influyen en la FC, ésta es un indicador válido para valorar la carga interna en los deportes de equipo de forma práctica y sencilla, y que suministra información inmediata sobre las características del estímulo aplicado (115). No obstante, se ha comunicado, que una misma acción se traduce por frecuencias cardíacas más elevadas cuando ésta corresponde a un partido que cuando se efectúa en una sesión de entrenamiento (116). En contraposición, también se ha afirmado que durante ejercicios máximos repetidos, como puede ser el caso

de la competencia, la FC es notablemente similar en diversas condiciones, con una desviación estándar de ± 3 lat/min (101).

Resulta lógico estimar que una misma acción de juego realizada por un jugador, se traduzca en un valor de FC superior cuando ésta se produce en competición, en relación a cuando dicha acción se produce en un entrenamiento, ya que, se considera que la competición supone para un jugador una carga máxima en todos los niveles (físico, fisiológico, psicológico, etc.) es decir, por ejemplo, resulta evidente que el grado de oposición del adversario es mayor en competición que en un entrenamiento entre compañeros, lo que obliga a un mayor desempeño físico y, por ende, fisiológico del jugador en la competición. Además, la mayor importancia del resultado en una competición que en un entrenamiento, obliga al jugador, de forma clara, a un mayor desempeño físico y fisiológico en la competición.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta que en el entrenamiento moderno se busca que exista una transferencia muy alta entre las sesiones de preparación y competición, por lo que dentro de esta dinámica de trabajo se exigirá que también los valores de FC registrados en situaciones de entrenamiento y en competiciones sean similares. En este sentido, Blanco y cols. (117), después de haber registrado la FC, durante 3 sesiones de entrenamiento y durante 7 partidos de competición oficial de play-off, en 8 jugadores profesionales del Igualada Hockey Club, encontraron que los valores de FC en entrenamiento oscilaban entre 105 y 196 lat/min y en competición entre 122 y 181 lat/min, lo que para estos autores, junto con el análisis de otras variables fisiológicas, determinaba que la realización de los ejercicios de entrenamiento presentaba una gran similitud con el esfuerzo soportado por los jugadores en competición.

Por otro lado, se ha establecido la valoración de la intensidad del entrenamiento mediante la FC, debido a que evaluar la intensidad de trabajo por otros métodos, en los niveles en los que se realizan las acciones físico-técnicas o técnico-tácticas, resulta muy complicado. La dificultad que entraña utilizar porcentajes de fuerza máxima, de velocidad de ejecución, o de concentración de lactato como indicadores de la intensidad, plantea la necesidad de utilizar otros métodos para no descuidar el control de la carga de entrenamiento en estas situaciones (118). En contraposición, la simplicidad de la valoración, los estudios de campo realizados, y la relación directa que guarda con la adaptación individual del sujeto al estímulo concreto de entrenamiento, hacen de la FC un medio muy útil para que el entrenador valore la intensidad de los diferentes ejercicios en función del ritmo de ejecución (Moras). Además, los registros de FC, en competición en el voleibol, presentan amplias fluctuaciones que se deben fundamentalmente a la alternancia de fases de trabajo y de reposo (119). Este hecho vendría a confirmar la adaptación de la FC al tipo de esfuerzo intermitente característico de la competencia.

También se puede señalar, en base a los resultados del estudio de Alvarez (114) sobre perfil cardiovascular y metabólico de jugadores profesionales y amateurs de fútbol sala (las mediciones de FC y tensión arterial fueron

realizadas en competición, entrenamiento, preejercicio y postejercicio), que los valores de FC máxima y FC media no varían de forma significativa de un partido a otro tanto en profesionales como en amateurs, lo que nos da a entender que los valores de FC registrados en competición presentan una cierta estabilidad, teniendo siempre en cuenta el perfil individual de las adaptaciones cardiovasculares de cada jugador.

Podría ser que sólo la FC pudiera testimoniar las evoluciones metabólicas de un sujeto durante una competición de fútbol, (120) sobre todo cuando nos estamos refiriendo a una competición cuya duración tiende a ser mayor de 90 minutos. En este sentido, se considera que la FC es un medio de evaluación de la intensidad de esfuerzo relativamente riguroso y adaptado a la competencia, debido a la posibilidad de evaluación continua que presenta. Más concretamente, Roi y cols. (121) han determinado que la FC puede ser utilizada para monitorizar la intensidad del entrenamiento, teniendo en cuenta la variabilidad interindividual, en los jugadores de fútbol profesionales.

También se ha especificado la validez de los estudios de FC como parámetro indicador de la adaptación instantánea del deportista al entrenamiento, permitiendo controlar la intensidad de los entrenamientos en el fútbol, de mejor manera que si se realiza en base a la velocidad de carrera, no aplicable a ejercicios con balón (70). De este modo, la valoración de la carga por su aspecto interno, a través del estudio de la evolución de la FC, puede ser muy útil para los entrenadores, ya que, permitiría la utilización de este parámetro en los entrenamientos como medio de valoración y control y, por otra parte, la cuantificación de la carga de entrenamiento suministrada (70).

Sin embargo, el reflejo de los cambios rápidos en el desplazamiento puede seguirse a través de la FC. Si la FC es recogida con una cadencia de cada 5 segundos, será posible detectar desde la FC casi todos los cambios en el movimiento en el transcurso del partido (72). Además, la monitorización de la FC, a pesar de ser un método de evaluación indirecta de la intensidad del esfuerzo, ha sido utilizada en el fútbol pues presenta la ventaja de no ser invasivo y ser relativamente económico (68).

Por otro lado, se ha supuesto, que parte de la respuesta cardiaca durante la competición pueda ser causada por el estrés emocional (122). No obstante, aunque no se ha demostrado que, en parte, las cargas altas de trabajo físico puedan neutralizar los efectos del estrés, este hecho parece que en cierta manera pueda tener lugar (122). De este modo, Bosco (67) y Tumilty (66) estiman que la FC es un parámetro influenciado por las condiciones psicofisiológicas del sujeto, y por factores tales como la temperatura ambiente, la edad, la condición física, la masa muscular solicitada, o el tipo de ejercicio, etc.

Incluso Dufour (123), ha determinado que los jugadores presentan valores de FC diferentes, para una misma situación, según se mida en un entrenamiento, partido amistoso o competición (124).

La FC también se ha utilizado como indicador de intensidad y de carga de trabajo para poder comparar la resistencia especial en jugadores profesionales y amateurs (125). El experimento consistió en la comparación entre ambos grupos a través de los resultados obtenidos en dos tests distintos.

En el primero se trataba de realizar una conducción de balón a la mayor velocidad posible durante 25 metros y tirar a gol, durante esos 25 metros el jugador se enfrentaba a la oposición de un adversario en los primeros 5 metros y luego sorteaba picas en zig-zag separadas 1 metro entre sí, realizándose un buen número de repeticiones. El segundo test consistía en realizar el test de Cooper. Los resultados demostraron que los jugadores profesionales realizaron un mayor número de repeticiones del test específico que los amateurs con los mismos parámetros de FC, sin embargo, en el test de Cooper no hubo diferencias significativas.

Por último, se ha propuesto la utilización de forma práctica de la FC, con jugadores profesionales, para calcular la intensidad del esfuerzo del entrenamiento (71,121). Para poder validar esta propuesta, se utilizaron los niveles de lactato, de FC, y de velocidad de carrera que correspondían a los umbrales aeróbicos y anaeróbicos (2mMol/l y 4mMol/l respectivamente) obtenidos a través de un test de laboratorio de esfuerzo máximo incremental. De esta forma, tal y como sugieren (80) admitiendo las hipótesis de equivalencia, porcentaje de potencia máxima aeróbica/ concentración sanguínea de lactato, se podrían traducir las indicaciones demandadas por el entrenador en valores de FC, además de validar el instrumento de medida. Los resultados del estudio sobre 72 jugadores profesionales, determinaron que la FC prevista para el umbral aeróbico era del $84 \pm 5\%$ de la FC máxima teórica, y del $92 \pm 4\%$ de la FC máxima teórica para el umbral anaeróbico (20).

No obstante, es necesario no caer en un error conceptual común, que es el que se refiere a asimilar el porcentaje de PMA (potencia máxima aeróbica) al porcentaje de FC máxima (80). Es decir, si se trabaja al 85% de la PMA para una FC máxima de 200 lat/min, el trabajo equivaldría a una FC de 170 lat/min. Sin embargo, este podría no ser un dato real, ya que, la FC útil se sitúa entre la FC basal y la FC máxima, de esta forma, se deberían calcular más bien los porcentajes de trabajo respecto a la FC de reserva. Si consideramos el ejemplo anterior, el equivalente cardiaco será en realidad de 179 lat/min en función de la siguiente operación:

FC útil = FCmáx – FC basal. $[200 - 60 = 140 \text{ pul/min} \times 0.85 = 119 + 60 = 179 \text{ lat/min}]$.

La FC de trabajo teórico se establecería en 179 lat/min, es decir, una diferencia de nueve lat/min con respecto a considerar la FC máxima como referente del cálculo. En este sentido, para prescribir ejercicio a través de la FC, Karvonen & Vuorimaa (95), determinaron la siguiente fórmula:

FC de trabajo = (FC máx – FC de base) x %FC máx + FC de base.

G) PRUEBA DE ESFUERZO

Para evitar la ocurrencia de muerte súbita o la progresión de alguna enfermedad cardiovascular en jóvenes atletas, varias instituciones internacionales como la Asociación Americana del Corazón (AHA) y el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM) han desarrollado

recomendaciones para la evaluación previa y cardiovascular del deportista y de la población en general que desea comenzar con una actividad física, como parte de un screening cardiovascular previo. Conocer y utilizar estas recomendaciones pueden ayudar a los médicos a tomar decisiones en relación a la autorización de un atleta a participar en un deporte particular o a una persona a iniciar una actividad física (126,127).

Teniendo en cuenta las recomendaciones actuales, las implicaciones legales y las posibilidades reales de nuestro entorno se debe efectuar un reconocimiento médico deportivo previo a la práctica deportiva a todos los deportistas, debiendo incluir siempre un cuestionario de salud, una historia clínica con una anamnesis detallada, una exploración completa, con una atención especial al apartado cardiovascular, un electrocardiograma y una prueba de esfuerzo submáxima; en el deporte organizado y en el deporte recreacional de alta intensidad debería incluirse un ecocardiograma en deportistas jóvenes y en los mayores una prueba de esfuerzo máxima con control electrocardiográfico (128).

La prueba de esfuerzo (PE) 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; se podría definir como la aplicación al individuo de una carga de trabajo, mensurable, dosificable, fiable y reproducible, que somete al organismo a un estrés físico-psíquico que podemos cuantificar mediante la valoración de parámetros biológicos. La carga de trabajo aplicada es el parámetro mecánico de la PE que correlacionaremos con los parámetros biológicos (124).

Es una de las exploraciones no invasivas más importantes en la exploración del corazón. En realidad se trata de una prueba de función cardiorrespiratoria, que da amplia información sobre la función cardíaca (130).

El propósito principal es confirmar con la presencia de alteraciones electrocardiográficas durante el esfuerzo la angina de pecho, aunque también se le puede llamar electrocardiograma de esfuerzo (131).

La prueba convencional precisa un ergómetro en el que se valora el trabajo realizado y un monitor de electrocardiograma para visualización instantánea y registro. La determinación del consumo de oxígeno máximo (VO_2 max) y otros parámetros derivados forman parte de la valoración sistemática de la capacidad funcional de pacientes con insuficiencia cardíaca, rehabilitación cardíaca, prescripción de ejercicio físico y en otras situaciones que exigen conocer con más exactitud la capacidad física (132).

G.1).- Indicaciones de la sociedad española de cardiología para prueba de esfuerzo

- Diagnóstico y pronóstico de la cardiopatía isquémica.
- Diagnóstico y evaluación terapéutica de la hipertensión arterial.
- Estudio de arritmias supraventriculares, ventriculares y bradiarritmias.
- Estudio de la disfunción ventricular izquierda.
- Valoración funcional de cardiopatías.

- Evaluación de adultos con factores de riesgo cardiovascular.
- Prescripción del ejercicio en ancianos con enfermedades crónicas y con factores de riesgo múltiples cuando desean iniciar programa de ejercicio intenso.
- Valoración de pacientes con discapacidades. (133,134)

G.2).- Contraindicaciones de prueba de esfuerzo

Absolutas

- Infarto de miocardio reciente en evolución.
- Angina inestable no controlada con medicación.
- Arritmias cardíacas incontroladas que causan deterioro hemodinámico.
- Estenosis aórtica severa sintomática.
- Insuficiencia cardíaca no estabilizada.
- Embolia pulmonar o infarto pulmonar reciente (3 meses).
- Pericarditis o miocarditis aguda.
- Disección aórtica.
- Incapacidad física o psíquica para realizar PE.
- Tromboflebitis aguda.
- Asma con bronco constricción severa.
- Infecciones agudas.

Relativas

- Estenosis valvular moderada.
- Anormalidades electrolíticas.
- Hipertensión arterial severa (TAS >200mm de Hg y/o TAD >110 mm Hg).
- Taquiarritmias o bradiarritmias.
- Miocardiopatía hipertrófica u otras formas de obstrucción al tracto de salida de ventrículo izquierdo.
- Bloqueo aurículo ventricular de segundo o tercer grado.
- Embarazo avanzado o complicado.
- Enfermedad metabólica no controlada.
- Enfermedad infecciosa crónica.
- Enfermedad crónica debilitante.
- Enfermedad aguda intercurrente.(135)

G.3).- Protocolos

Los protocolos de esfuerzo son los diferentes modelos estandarizados de combinación de variables de carga (velocidad, pendiente, trabajo realizado o potencia desarrollada) y tiempo de aplicación de esas cargas en los diferentes ergómetros en el laboratorio de PE.

Los protocolos pueden ser de intensidad constante o incremental, y en éstos los aumentos de intensidad pueden realizarse de forma continua (en rampa) o discontinua, con o sin paradas. Los protocolos discontinuos son siempre

escalonados, tienen fases que generalmente oscilan entre 1 y 3 min de duración.

Los protocolos en rampa tienen entre otras ventajas: evitar comportamientos en escalera de variables fisiológicas (mejor medición de umbrales), dan valores de consumo de oxígeno, ventilación, frecuencia cardíaca (FC) y otras variables similares a los protocolos discontinuos, permiten una mejor adaptación física y psicológica, y la intensidad se ajusta de forma individualizada para que la PE tenga una duración aproximada de 6 a 12 min.

Frecuentemente, el objetivo de la PE no exige llevar al paciente al esfuerzo máximo. Una PE máxima conlleva un esfuerzo en el que la fatiga o los síntomas impidan continuar, o en el que se alcancen los valores máximos de FC y VO₂.

Los protocolos indicados en las PE convencionales son todos de multietapas continuas, lo que quiere decir que constan de etapas o períodos de tiempo tras de los cuáles se incrementa la carga sin interrupciones entre las mismas (136).

Para elegir o diseñar un protocolo, el objetivo o información que se pretende obtener es el principal factor a tener en cuenta, junto a la condición física, edad, sexo, peso y posibles déficit físicos y/o psíquicos (130).

El tipo de ejercicio realizado en la PE conviene que sea aquel al que el sujeto esté más familiarizado, ya sea andar, pedalear, remar o cualquier otro (si se dispone del ergómetro adecuado (137,138).

G.4).- Protocolo de Pugh

Desde 1969 se han hecho estudios acerca de la relación entre el consumo máximo de oxígeno, la velocidad y la velocidad del viento en algunos atletas. Realizando dichos estudios en la banda sinfín por Pugh y cols. (138), notaron la relación curvilínea entre la velocidad y distancia con el consumo máximo de oxígeno. Observando que entre más duración con mayor velocidad, se obtendrían valores de VO₂ max más altos.

PROTOCOLO DE PUGH (inclinación 1%)						
ETAPA	TIEMPO (mins)	VELOCIDAD		VO ₂ MAX	DISTANCIA POR ETAPA (m)	DISTANCIA TOTAL (m)
		(km/hr)	(mph)			
I	3	4	2.5	10.63	200	200
II	6	6	3.7	17.94	300	500
III	9	8	5	25.25	400	900
IV	12	10	6.2	32.57	500	1400
V	15	12	7.5	39.88	600	2000
VI	18	14	8.7	47.19	700	2700
VII	21	16	10	54.5	800	3500
VIII	24	18	11.2	61.81	900	4400
IX	27	20	12.5	69.13	1000	5400
X	30	22	13.7	76.44	1100	6500

G.5).- Ergómetros

El ergómetro ideal debe permitir programar un esfuerzo progresivo con un rango amplio de intensidades de ejercicio y una calibración precisa. El ergómetro ideal en este estudio es la cinta rodante ya que la carrera es un gesto biomecánico natural, que no requiere habilidades motrices especiales, siendo un ejercicio dinámico en el que se movilizan grandes grupos musculares. De esta manera se garantiza, aunque no siempre es así, una adecuada adaptación al ergómetro y la obtención de un consumo máximo de oxígeno (VO₂max) más elevado y acorde al potencial real del deportista (130).

Bicicleta ergométrica: Presenta las ventajas de producir menos ruido, ocupar menos espacio y ser menos cara que el tapiz. Por otra parte, el doble producto (DP) y la TAS alcanzados suelen ser más altos y el registro del ECG suele ser mejor que en el tapiz rodante; sin embargo, presenta las desventajas de que requiere mayor colaboración por parte del paciente, con el inconveniente de la dificultad de su uso por pacientes no habituados al ciclismo, en cuyo caso hay dificultades para alcanzar la frecuencia cardíaca submáxima, respecto al tapiz.

Tapiz rodante o cinta sin fin (treadmill): Como ventajas respecto a la bicicleta, requiere menor colaboración por parte del paciente, alcanzándose mucho más fácilmente la FC submáxima; con esta se obtiene como resultado el doble producto y la presión arterial sistólica alcanzados más bajos (130)

Parámetros de control

- Monitorización continua del electrocardiograma (ECG).
- Registro del ECG al final de cada fase.
- Registro de la TA y de la FC al final de cada fase.

G.6).- Criterios para terminación de la prueba de esfuerzo

a) Absolutos

- Descenso persistente de la PAS bajo el nivel basal.
- Angina intensa o creciente.
- Descenso del segmento ST mayor o igual a 3 mm. o ascenso mayor o igual a 1mm.
- Síntomas de deterioro del sistema nervioso central (ataxia, mareo, etc.).
- Signos de mala perfusión periférica (palidez, mareo, etc.).
- Arritmias ventriculares graves (fibrilación ventricular, taquicardia ventricular).
- Dificultad de monitorización del ECG.
- Requerimiento expreso del paciente.

b) Relativos

- Cambios en el QRS, como marcado cambio de eje.
- Incremento del dolor torácico.
- Fatiga muscular, jadeo, calambres o claudicación en miembros inferiores.
- Malestar general.
- Arritmias menores, como taquicardia supraventricular.
- Desarrollo de bloqueo de rama con taquicardia por el esfuerzo no claramente distinguible de taquicardia ventricular

G.7).- Evaluación e interpretación de la prueba de esfuerzo

Cambios fisiológicos del ECG durante el esfuerzo

Taquicardia sinusal.

Aumento de amplitud onda P.

Presencia de onda de repolarización auricular aumentada que hace descendente el PR.

Depresión del punto J.

Acortamientos de intervalos PR y QT.

Desviación del eje eléctrico a la derecha.

Aumento de la onda R Y T conforme aumenta el volumen latido.

A alta intensidad de ejercicio disminuye la amplitud de la onda R y T y aumenta la amplitud de ondas S y Q.

Descenso del ST ascendente rápido con pendiente > 1mV/s.
Superposición total o parcial de T, U, P.
Trazado ECG y línea isoeletrica difícil de definir según la movilidad del sujeto.

El patrón de respuesta normal de la frecuencia cardiaca ante un ejercicio físico de intensidad constante tiene varias fases. Inicialmente se observa un incremento rápido de la frecuencia cardíaca antes de comenzar el ejercicio (respuesta anticipatoria) como consecuencia del aumento de la actividad simpática (originado por impulsos procedentes de la corteza cerebral) e inhibición del sistema parasimpático. A continuación se produce una etapa de adaptación con aumento gradual y sostenido, una segunda fase de estabilización indicativo de estado estable y al final del ejercicio una etapa de recuperación en la que la FC disminuye progresivamente hasta alcanzar valores de reposo.

La FC se incrementa en forma lineal en relación a la intensidad del ejercicio físico aproximadamente a 170 lat. /min en adultos. En esfuerzos mayores a 170 lat. /min se produce un retardo creciente del incremento de la FC con tendencia a acercarse asintóticamente a un valor máximo. La incompetencia cronotrópica puede considerarse como signo de mala función ventricular o una enfermedad del seno (139).

De todos los ergómetros, la cinta rodante es el más apropiado en la evaluación de jugadores de fútbol (63), ya que, en este tipo de esfuerzos máximos, es necesario reproducir en el laboratorio el tipo de ejercicio físico habitual, que en el caso del fútbol es la carrera (140). Además, Krümmelbein y cols. (141) han confirmado que con la ayuda de un test ergométrico de tapiz rodante específico para el deporte en cuestión pueden conseguirse valores significativamente más altos en comparación con los métodos tradicionales.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Se encontrará la tasa de recuperación de frecuencia cardíaca en un valor mayor de 12 latidos por minuto, al realizar una prueba de esfuerzo en los jugadores profesionales de Fútbol Asociación sub 20 de un club deportivo en Toluca, en 2013?

III. JUSTIFICACIÓN

La frecuencia cardíaca durante el ejercicio ha sido uno de los parámetros fisiológicos más y mejor estudiados, debido a la facilidad de medición. Sin embargo, es escaso el número de trabajos sobre la frecuencia cardíaca de recuperación, cuando precisamente, es fundamental en el control del proceso de adaptación al entrenamiento a corto, mediano y largo plazo.

El fútbol al ser un deporte mixto, predominantemente aeróbico tiene una relación directa con la frecuencia cardíaca de recuperación, ya que en este deporte se requieren periodos de actividad aeróbica con periodos de recuperación, dependiendo de la posición (29).

“La recuperación de la frecuencia cardíaca después de un esfuerzo protocolizado es más rápida cuanto mayor sea la aptitud y preparación física del deportista o su nivel de entrenamiento.”(3).

Durante un partido de fútbol los jugadores cumplen funciones según el lugar en que se disputa el balón, esto es basado en las diversas posiciones que desempeñan y/o al lugar que se encuentran. Por tanto, los jugadores que recorren más distancia, tienen periodos de recuperación cortos, esto conlleva a que si están con una menor frecuencia cardíaca, podrán ser exigidos para la realización de un nuevo esfuerzo y tendrán un mejor rendimiento.

La prueba de esfuerzo forma parte del *screening* cardiovascular que se realiza a cada deportista (131,127)

El estudio de la recuperación frecuencia cardíaca permite determinar en su caso integridad del sistema cardiovascular y además el estado físico de acuerdo al entrenamiento.

Debido a que los jugadores profesionales de fútbol asociación manejan cargas intensas y prolongadas durante un juego se requieren una evaluación integral y completa para determinar como éstas cargas logran generar efectos y también posibles riesgos de patologías e incluso la muerte (65).

El fútbol asociación es el deporte que más se practica en el mundo y en nuestro país existiendo una cantidad de jugadores que ponen en peligro la función orgánica al no ser evaluados (142).

Durante el ejercicio, la FC aumenta por tres motivos: aumento de la actividad simpática, descenso de la actividad parasimpática y autorregulación homeométrica (la distensión aumenta la actividad del nódulo sinusal) (2).

En la literatura nacional o estatal no existen antecedentes de este tipo de investigación.

Desde hace tiempo viene utilizándose la actividad cardíaca para el estudio del estado de forma de los deportistas así como para la adecuación de los entrenamientos.

Este estudio es factible debido a que se para su ejecución se cuenta con los resultados de las pruebas de esfuerzo, las cuales arrojan resultados acerca de la frecuencia cardíaca de recuperación.

El foco de interés estuvo centrado en identificar las claves que pueden ejercer un papel más relevante dentro del contexto de la situación de juego donde el jugador profesional presenta una mala recuperación (frecuencia cardíaca) que no permitiría realizar un segundo esfuerzo de forma óptima.

A partir de aquí será posible elaborar un perfil definitorio del tipo de situación de juego asociado a una alta carga fisiológica y poder desarrollar estrategias adecuadas para su entrenamiento

IV. HIPÓTESIS

El 70% de los jugadores profesionales evaluados, tienen una recuperación de la frecuencia cardíaca de mayor a 12 latidos por minuto, siendo esto como una respuesta normal.

VARIABLE EN ESTUDIO

Tasa de recuperación de frecuencia cardíaca

UNIDAD DE OBSERVACIÓN

Jugadores profesionales de futbol asociación

V. OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar la tasa de recuperación de la frecuencia cardíaca de los futbolistas profesionales sub 20 en prueba de esfuerzo.

ESPECÍFICOS

1. Medir la tasa de recuperación al primer minuto de recuperación postesfuerzo.
2. Determinar la tasa de recuperación al primer minuto por edad.
3. Relacionar la tasa de recuperación al primer minuto con las diversas posiciones de juego de los futbolistas profesionales.
4. Relacionar la tasa de recuperación al primer minuto con el consumo máximo de oxígeno.
5. Determinar el promedio de la tasa de recuperación al primer minuto, durante la prueba de esfuerzo en futbolistas profesionales de un club profesional por años de entrenamiento.

VI. MATERIAL Y MÉTODOS

Tipo de estudio

Se realizó un estudio descriptivo transversal observacional de la respuesta cardiovascular al esfuerzo, en específico frecuencia cardíaca de recuperación al primer minuto.

Límite de espacio

Los estudios se realizaron en el Centro de Medicina de la Actividad Física y el Deporte, de la Universidad Autónoma del Estado de México, en la Ciudad de Toluca en mayo y junio de 2013.

Diseño del estudio

Se realizó un análisis descriptivo de lo observado de cada una de las variables con medidas de tendencia central, a través de programas de Microsoft Office Excel y se reportó con cuadros y gráficos.

Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN NOMINAL	DEFINICIÓN OPERATIVA
Prueba de esfuerzo	Es la aplicación al individuo de una carga de trabajo, mensurable, dosificable, fiable y reproducible, que somete al organismo a un estrés físico-psíquico que podemos cuantificar mediante la valoración de parámetros biológicos.	Submáxima: Frecuencia cardíaca máxima de esfuerzo al 85%. Frecuencia cardíaca máxima de esfuerzo al 100%.
Frecuencia Cardíaca de Recuperación (FCR)	Capacidad del organismo de descender su FC con el comienzo del cese del ejercicio.	
Tasa de recuperación al primer minuto	Diferencia de la frecuencia cardíaca máxima alcanzada y la frecuencia cardíaca al primer minuto de recuperación.	FC max alcanzada-FC 1er. Min recuperacion. >12 lpm adecuada ≤12 lpm inadecuada
Posiciones de juego en fútbol asociación	Son los lugares donde cada futbolista se encuentran dentro del campo durante el juego en la mayor parte del tiempo, teniendo una función determinada y variable.	Portero Defensor Mediocampista Delantero

Universo de trabajo

Futbolistas profesionales categoría sub 20 de un Club de Futbol Asociación, que fueron evaluados en el Centro de Medicina de la Actividad Física y el Deporte.

Población

Se realizó la investigación en 26 futbolistas profesionales de un club de fútbol asociación con residencia en Toluca, México.s (Muestreo intencionado, no probabilístico por conveniencia) .

Criterios de inclusión

- Ser futbolistas profesionales
- Contar con 2 años mínimo de entrenamiento profesional
- Género masculino
- Edad de 18 a 21 años
- Que acepten realizar la prueba, previa firma del consentimiento informado

Criterios de exclusión

- Aquellos sujetos que se rehúsen a la realización de la prueba de esfuerzo
- Jugadores que por algún motivo al momento del estudio no puedan realizar la prueba de esfuerzo.
- Presentar enfermedad aguda al momento de la prueba de esfuerzo
- Enfermedades musculoesquelética que no le permita realizar la prueba de esfuerzo.
- Futbolistas que presenten enfermedad cardiovascular
- Haber ingerido alguna sustancia que altere el cronotropismo cardiaco
- No llevar ropa adecuada para la realización de la prueba
- Lesiones osteomusculares agudas o en periodo de rehabilitación.
- Futbolistas que en forma voluntaria no realicen la prueba de esfuerzo.

Criterios de eliminación

- Fallas técnicas para la determinación de la frecuencia cardíaca de recuperación.
- Hallazgos encontrados en el electrocardiograma de reposo que contraindiquen la realización de prueba de esfuerzo.
- Alguna contraindicación relativa que por juicio médico no permita la realización de la prueba.
- Enfermedades crónicas complicadas.
- Futbolistas que presenten incapacidad física musculoesquelética que impidan realizar la prueba de esfuerzo.

Instrumentos de investigación

La información se obtuvo de la Historia clínica y del formato de reporte de prueba de esfuerzo, efectuados a cada persona.

Formatos de Historia clínica, baumanómetro, estetoscopio, báscula, estadímetro, banda sin Fin, Polar, electrodos, electrocardiógrafo, papel de registro electrocardiógrafo, cinta adhesiva, hojas de registro de resultados de prueba de esfuerzo, cinta métrica, y lapiceros, computadora e impresora.

Material

Formatos de Historia clínica, baumanómetro, estetoscopio, báscula, estadímetro, banda sin Fin, pulsómetro, electrodos (10 por paciente), electrocardiógrafo, papel de registro, electrocardiógrafo, cinta adhesiva, hojas de registro de resultados de prueba de esfuerzo, cinta métrica, bolígrafos, computadora e impresora.

Metodología

Desarrollo del proyecto

1. Se presentó el paciente para la realización del estudio con indicaciones de no consumir café, alcohol o fume desde tres horas antes de la realización de la prueba. Se recomendó evitar la actividad física intensa o el ejercicio inhabitual en las doce horas anteriores, con ropa y calzado deportivo.
2. Se realizó en consultorio, historia clínica detallada (Anexo 1), se le informó al paciente los riesgos que el procedimiento conlleva y si acepta la participación, firmó el consentimiento informado (Anexo 3).
3. Se pidió al paciente que acuda al área de prueba de esfuerzo para el estudio donde se le colocan 12 electrodos: en cuarto espacio intercostal línea para esternal derecha e izquierda (V1 y 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 V6 al mismo nivel en línea medio axilar. Se colocan los electrodos para las derivaciones unipolares por debajo de ambas clavículas (dos) y en ambos flancos (dos).
4. Se colocó la banda transmisora del pulsómetro Polar en epigastrio, se tomó registro electrocardiográfico con aparato de la marca Cardioline en reposo, se tomaron signos de presión arterial con baumanómetro de la marca Welch Allyn y estetoscopio de la marca Littmann, saturación parcial de oxígeno con pulsoxímetro de la marca Risigmed, frecuencia cardiaca con pulsómetro de la marca Polar. La presión arterial se tomó en brazo derecho a 3 cm del pliegue del codo con baumanómetro aéreo antes de iniciar la prueba y a los 2.5 minutos de cada etapa de la prueba.

5. Si no existe contraindicación alguna se procedió a realizar la prueba de esfuerzo en banda sin fin con protocolo de Pugh (Anexo 2), previas indicaciones al paciente así como su comprensión a las mismas.
6. Durante el esfuerzo se monitorizaron al menos tres derivaciones de modo continuo en el osciloscopio, realizándose un registro de las 12 derivaciones del ECG al final de cada etapa de la prueba, así como en el momento en que se produzca algún acontecimiento clínico importante.
7. Al tener algún criterio de termino de la prueba, se disminuirá inmediatamente la velocidad de la banda a 3.5 km/h hasta el primer minuto y posteriormente a 2.5 km/h hasta la detención.
8. La monitorización se continuará en periodo de recuperación durante el 1º, 3º y 6º minuto; en caso de hallazgos se continua monitoreo.
9. Se registrará la información en un formato específico de prueba de esfuerzo (Anexo 4).

Diseño estadístico

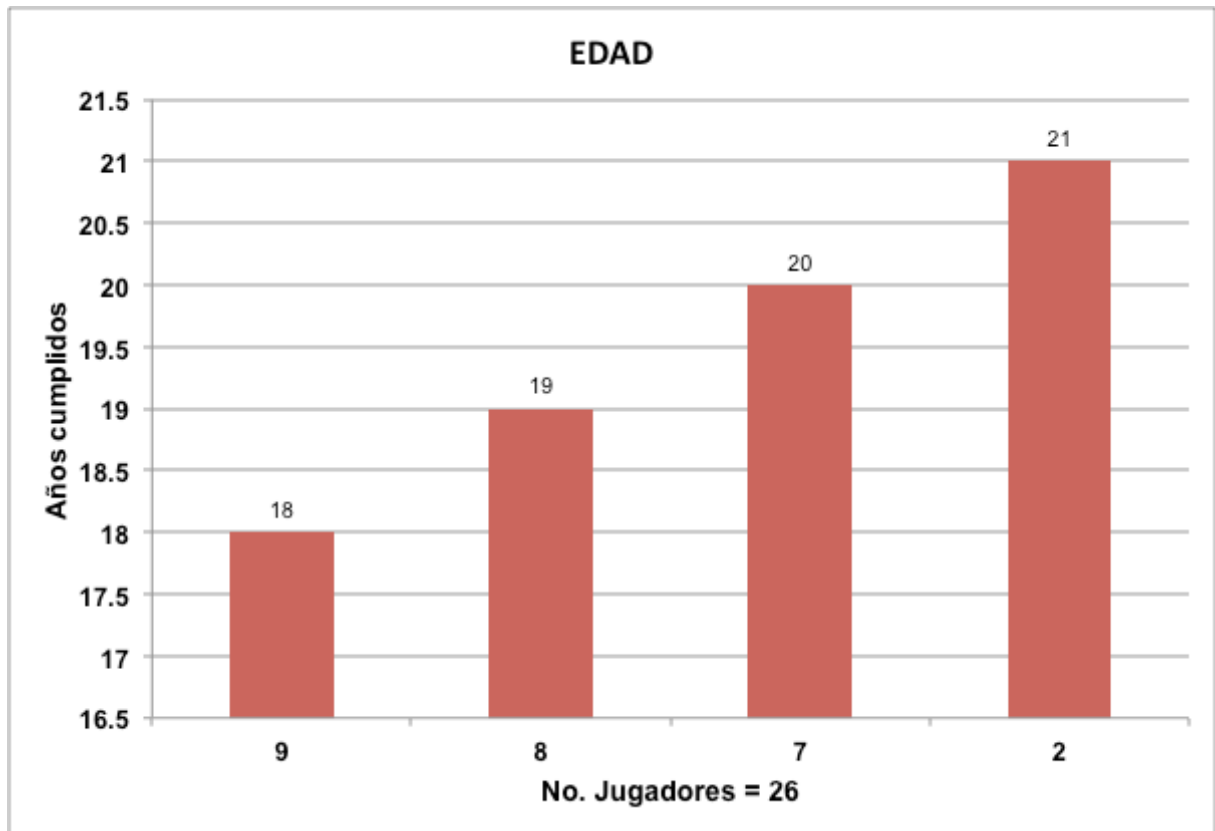
Se realizará un análisis descriptivo de lo observado de cada una de las variables con medidas de tendencia central, a través de programas de Microsoft Office Excel y se reportará con cuadros y gráficos.

VII. IMPLICACIONES ÉTICAS

Las implicaciones éticas de este estudio se refieren a garantizar la confidencialidad de la información, la no utilización de nombres y direcciones de los sujetos bajo estudio, se les dio previo a iniciar la valoración a firmar la carta de consentimiento informado. Se respetó el pudor y el padecimiento de los sujetos bajo estudio. Al término del estudio se resguardo la información bajo responsabilidad de el tesista. (Anexo No.3).

VIII. RESULTADOS

Gráfica 1. Edad de los jugadores estudiados.



Fuente: Tabla 1

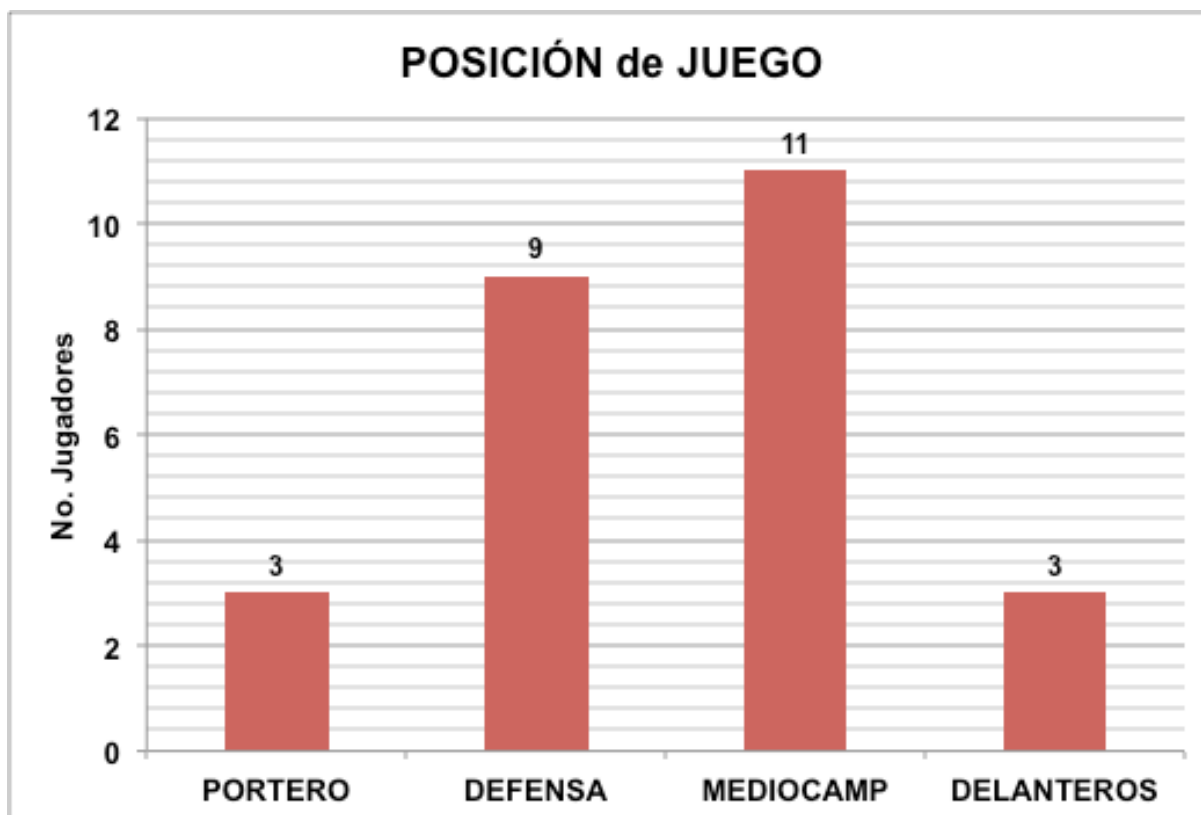
Tabla 1. Edad de los jugadores estudiados.

EDAD				
	18	19	20	21
No. Jugadores	9	8	7	2

Fuente directa

El estudio fue realizado con 26 jugadores de fútbol asociación de un club profesional, con una edad en un rango de 18 a 21 años, siendo el promedio de esta muestra de 19.1 (DE \pm 1) años. Cabe mencionar que se tomó como dato, años enteros, sin importar el número de meses. Todos los jugadores de sexo masculino.

Gráfica 2. Posición de juego regularmente ocupada.



Fuente: Tabla 2

Tabla 2. Posición de juego regularmente ocupada.

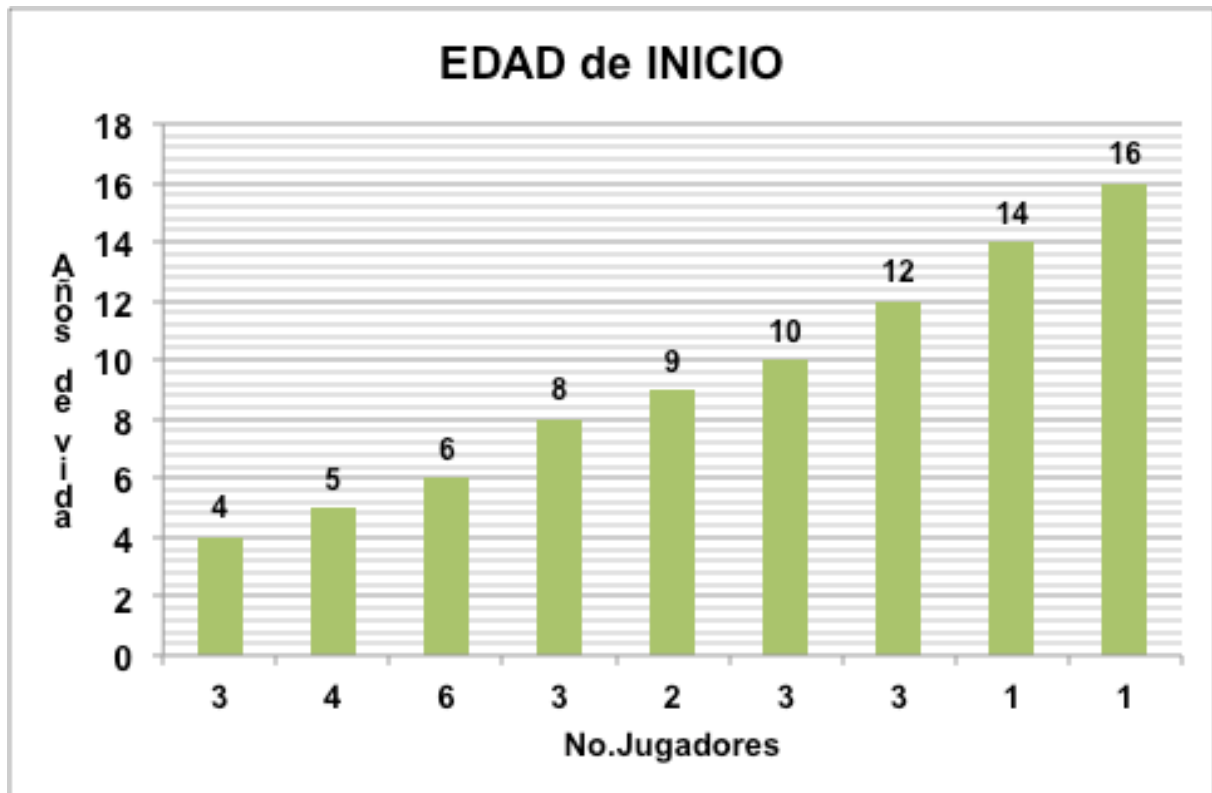
POSICIÓN	PORTERO	DEFENSA	MEDIOCAMP	DELANTEROS
No. Jugadores	3	9	11	3

Fuente directa

Los jugadores profesionales de fútbol asociación que se estudiaron, fueron marcados en cuatro posiciones de juego dentro del campo. Estas fueron: tres porteros (11.58%), nueve defensas (34.61%), once mediocampistas (42.30%) y tres delanteros (11.58%). Se definió como “*regularmente ocupada*” a la posición que desempeñaban en un 85% de las jornadas del torneo anterior, tanto en entrenamiento como en juegos oficiales.

Cabe mencionar que en la posición de defensa, existieron cuatro jugadores que ocupaban la zona lateral (carrileros) y que desempeñaban función importante en la jugadas ofensivas, con el consecuente desgaste físico.

Gráfica 3. Edad de inicio en el futbol de los jugadores.



Fuente: Tabla 3

Tabla 3. Edad de inicio en el futbol de los jugadores.

EDAD de INICIO	4	5	6	8	9	10	12	14	16
No. Jugadores	3	4	6	3	2	3	3	1	1

Fuente directa

La edad de inicio para la práctica del futbol asociación en los jugadores estudiados fue en un rango de 4 a 16 años de edad, con un promedio de edad de inicio de juego de 7.9 (DE \pm 3.3) años. La mayoría de los jugadores iniciaron su práctica de futbol asociación a los 6 años y hubo dos jugadores que iniciaron a practicar futbol asociación a los 14 y 16 años de edad, siendo esto un dato a destacar, ya que en pocos años después alcanzaron el profesionalismo.

Gráfica 4. Tiempo jugando futbol.



Fuente: Tabla 4

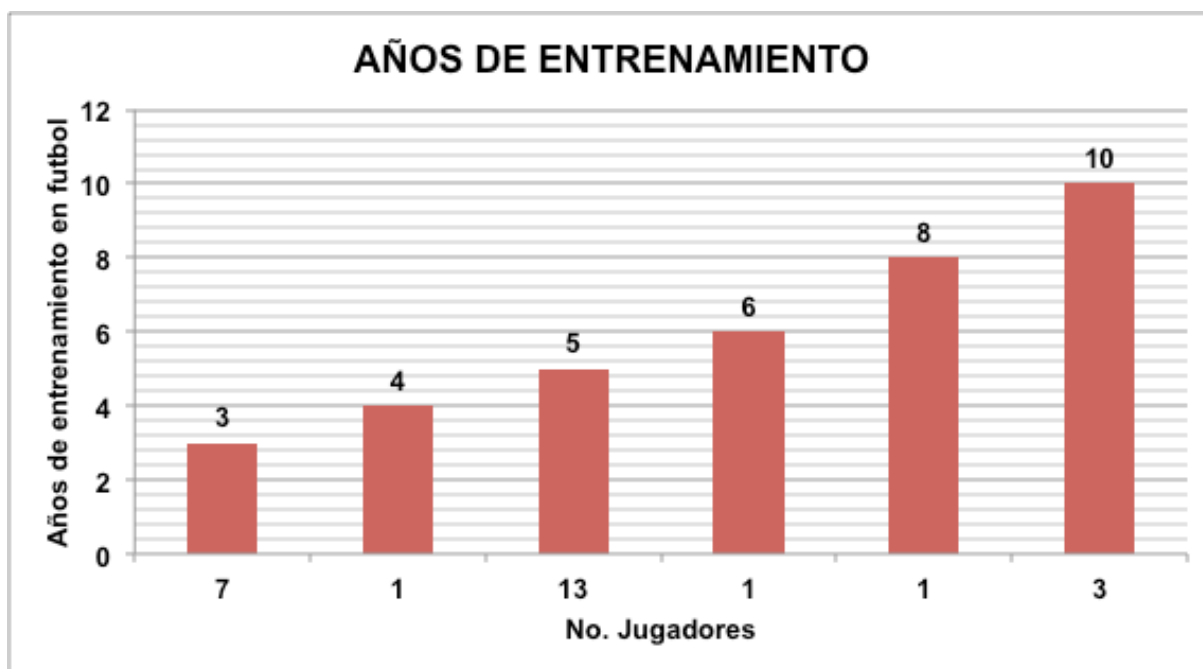
Tabla 4. Tiempo jugando futbol.

Años jugando	3	5	6	8	10	11	12	13	14	15	16
No. Jugadores	1	1	2	2	3	1	5	5	3	2	1

Fuente directa

En los jugadores de futbol asociación evaluados se observó que en base a la edad de inicio, hubo cinco jugadores que tenían jugando un máximo de 12 y 13 años, un jugador con 3, otro con 5 y uno con 16 años jugando. Siendo esto de forma intermitente y con frecuencia ocasional en semana. (sin periodo de entrenamiento). El promedio de años jugando futbol es de 11.2 (DE \pm 3.3).

Gráfica 5. Tiempo entrenando de forma regular (>10 horas por semana).



Fuente: Tabla 5

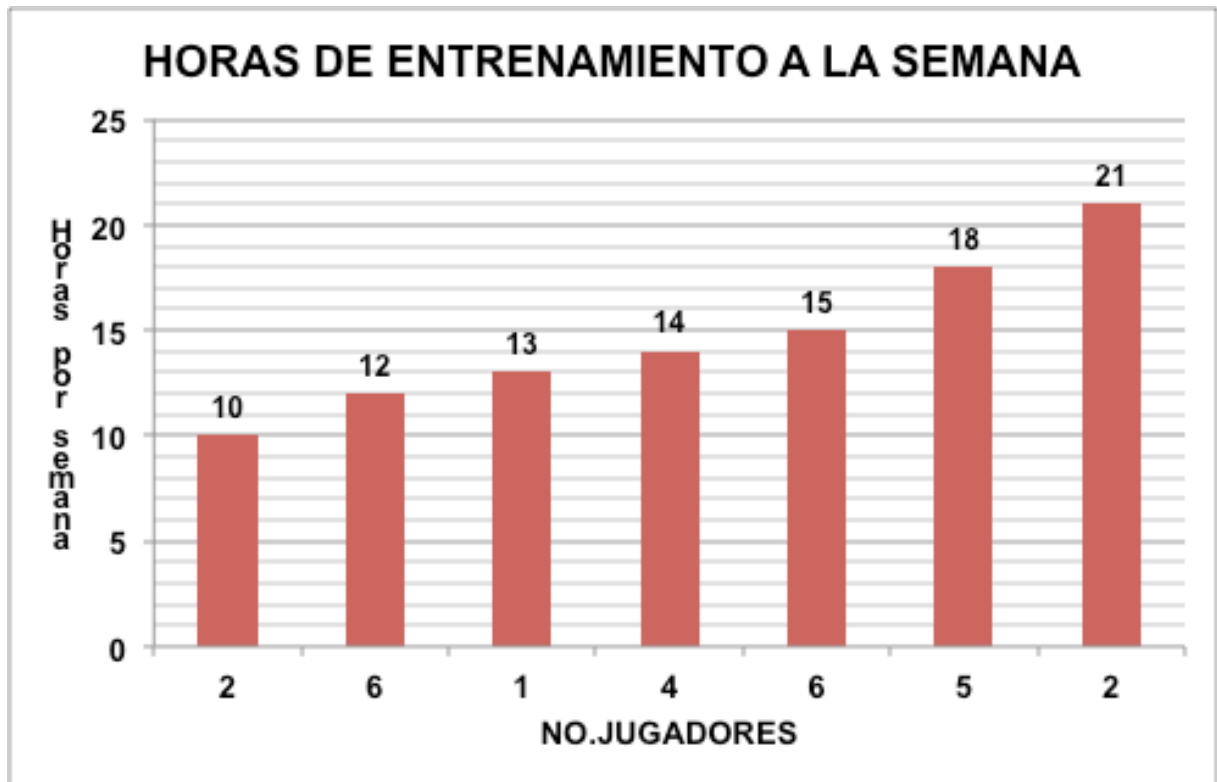
Tabla 5. Tiempo entrenando de forma regular (>10 horas por semana).

Años de entrenamiento	3	4	5	6	8	10
No. Jugadores	7	1	13	1	1	3

Fuente directa

En cuanto el tiempo entrenando de forma especializada el futbol asociación, tuvieron un rango entre tres a diez años de entrenamiento de forma formal. Con un promedio de 5.2 (DE \pm 2.1) años, lo cual sugiere un alto grado de especialización tomando en cuenta su edad (promedio de 19.1), teniendo como resultado una adecuada forma física y deportiva. El 50% de los jugadores se encontraron con cinco años entrenando futbol asociación, seguido de un 26.9% con tres años. El tiempo de entrenamiento es un dato a tomar en cuenta, ya que la variabilidad de años es un factor de importancia para determinar la capacidad aeróbica y por tanto su recuperación tras el esfuerzo como se expondrá más adelante.

Gráfica 6. Horas de entrenamiento semanal.



Fuente: Tabla 6

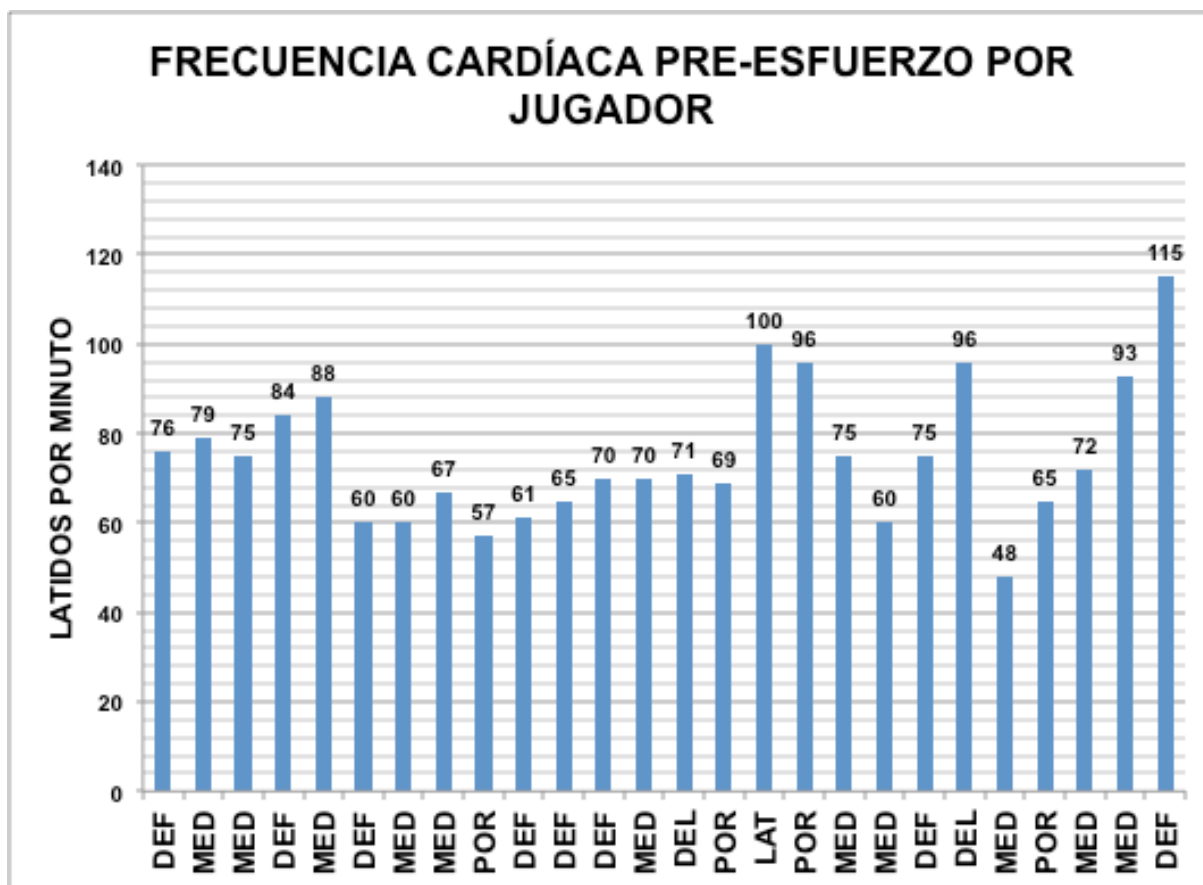
Tabla 6. Horas de entrenamiento semanal.

HORAS ENTRENAMIENTO/SEMANA	10	12	13	14	15	18	21
No. Jugadores	2	6	1	4	6	5	2

Fuente directa

Los jugadores de fútbol asociación que se estudiaron para este trabajo tuvieron un promedio de horas de entrenamiento semanal de 14.7 (DE \pm 3). Siendo esto una media de 2.8 horas al día, que denota un tiempo promedio al ocupado en otras ligas a nivel mundial. Un dato no registrado en el estudio es el tiempo efectivo de entrenamiento, el cual nos daría un dato más exacto de la carga de entrenamiento por jornada. En los formatos de historia clínica sólo se registra las horas de entrenamiento por semana.

Gráfica 7. Frecuencia cardíaca pre-esfuerzo por cada jugador según su posición.



Fuente: Tabla 7

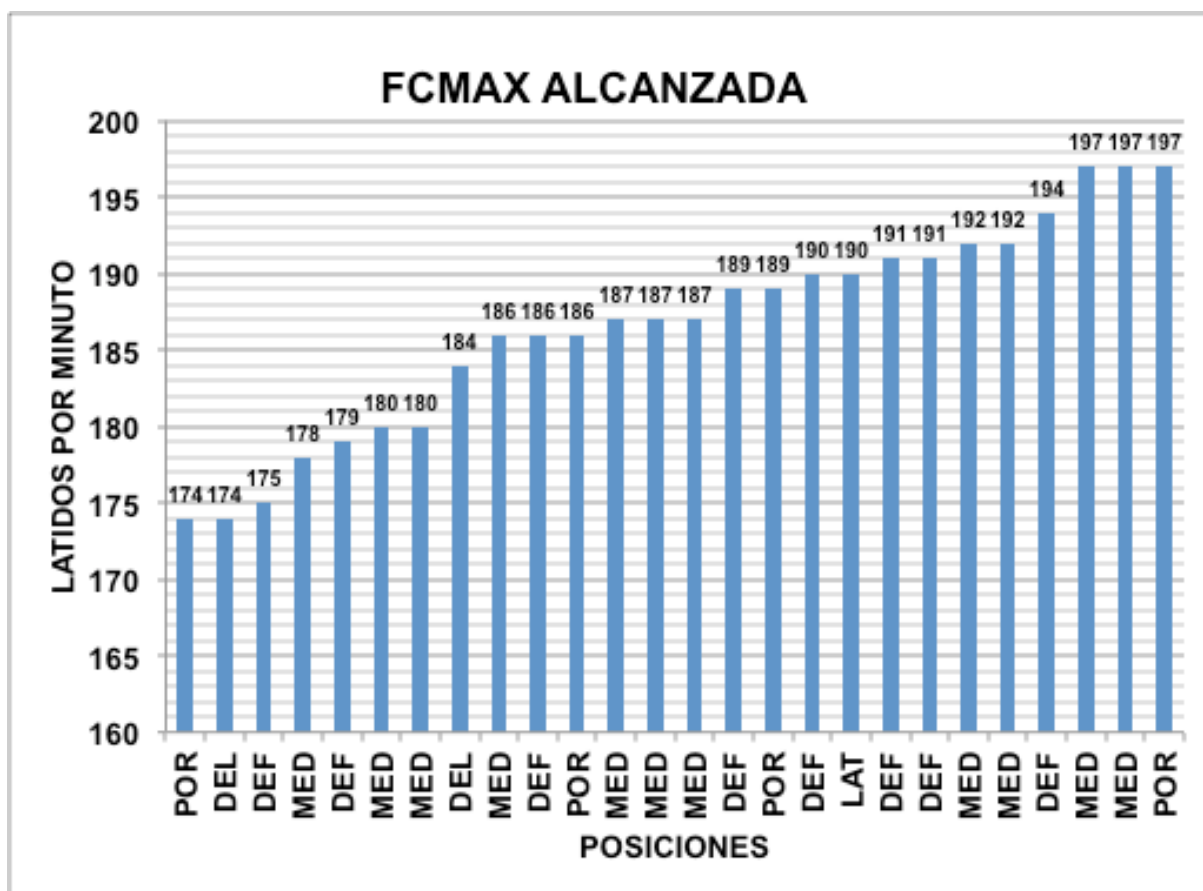
Tabla 7. Frecuencia cardíaca pre-esfuerzo por cada jugador según su posición.

LATIDOS	7	7	7	8	8	6	6	6	5	6	6	7	7	7	6	1	9	7	6	7	9	4	6	7	9	1
POR	6	9	5	4	8	0	0	7	7	1	5	0	0	1	9	0	6	5	0	5	6	8	5	2	3	1
MINUTO	0																									
POSICIÓN JUGADOR	D	M	M	D	M	D	M	M	P	D	D	D	M	D	P	L	P	M	M	D	D	M	P	M	M	D
	F	D	D	F	D	F	D	D	R	F	F	F	D	L	R	T	R	D	D	F	L	D	R	D	D	F

Fuente directa

La valoración de la frecuencia cardíaca previa a la realización de la prueba de esfuerzo es un dato que nos refleja acerca de cómo se encuentran los jugadores en su estado físico y cardiovascular, en el caso de bradicardia, como una adaptación al periodo de entrenamiento antecedente, teniendo a consideración que es una de las adaptaciones que se presentan más frecuente. En los jugadores de fútbol asociación evaluados se tuvo un promedio de 74.9 ($DE \pm 15.5$) lpm. con un rango de 57 a 100 latidos por minuto, este número obtenido del portero y defensa lateral respectivamente. Siendo esto después analizado al tener al final un mismo consumo máximo de oxígeno.

Gráfica 8. Frecuencia cardíaca máxima alcanzada en la prueba de esfuerzo por cada jugador según su posición.



Fuente: Tabla 8

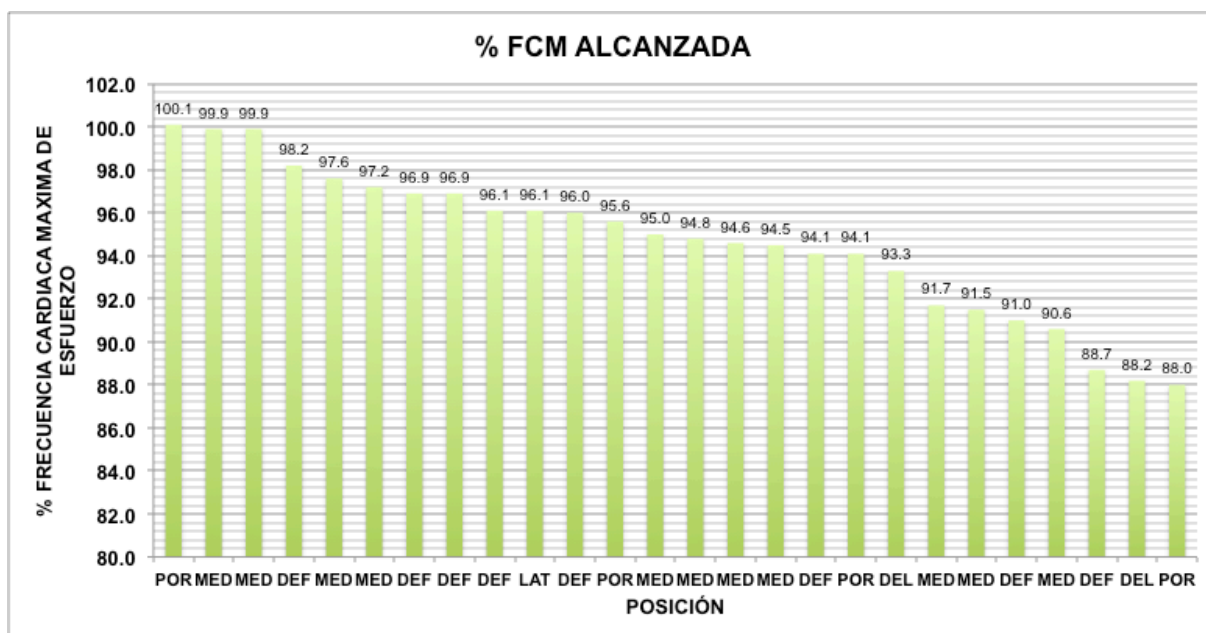
Tabla 8. Frecuencia cardíaca máxima alcanzada en la prueba de esfuerzo por cada jugador según su posición.

POSICIÓN	P	D	D	M	D	M	M	D	M	D	P	M	M	M	D	P	D	L	D	D	M	M	D	M	M	P
	O	E	E	E	E	E	E	E	E	O	E	E	E	E	O	E	A	E	E	E	E	E	E	E	E	O
	R	L	F	D	F	D	D	L	D	F	R	D	D	D	F	R	F	T	F	F	D	D	F	D	D	R
FCMax alcanzada	174	174	175	178	179	180	180	184	186	186	186	187	187	187	189	189	190	190	191	191	192	192	194	197	197	197

Fuente directa

La frecuencia cardíaca máxima alcanzada tiene una importancia debido a que se requiere su valor para el cálculo de la tasa de recuperación en el primer minuto post esfuerzo. En la gráfica se observan valores de los jugadores en base a su posición de juego, con un promedio de 186.6 (DE ± 6.9) lpm, con un rango de 174 a 197 lpm, resultando esto con una amplia variabilidad en cuanto a su frecuencia cardíaca.

Gráfica 9. Porcentaje de frecuencia cardíaca máxima de esfuerzo alcanzada en prueba de esfuerzo por cada jugador según su posición.



Fuente: Tabla 9

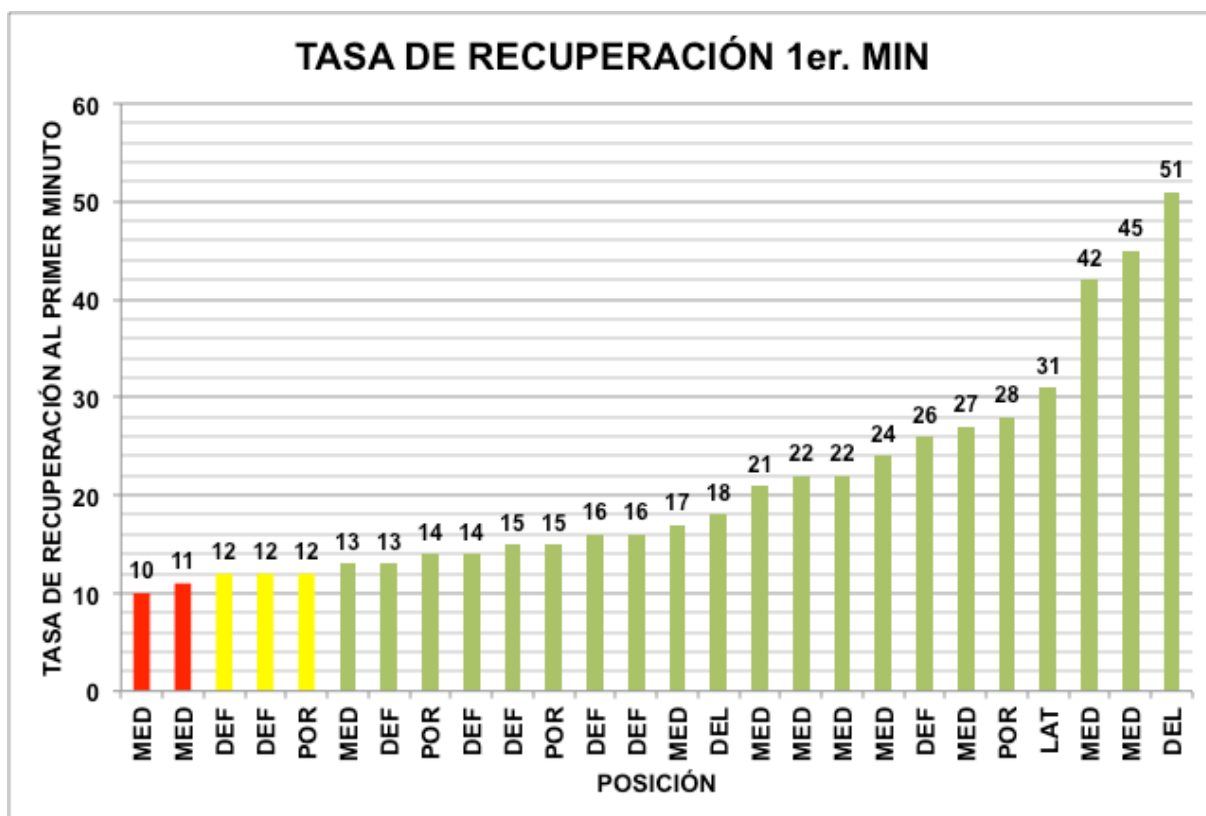
Tabla 9. Porcentaje de frecuencia cardíaca máxima de esfuerzo alcanzada en prueba de esfuerzo por cada jugador según su posición.

Jugador / posición	P	M	M	D	M	M	D	D	D	L	D	P	M	M	M	D	P	D	M	M	D	M	D	D	P	P	
	O	E	E	E	E	E	E	E	E	A	E	O	E	E	E	E	O	E	E	E	E	E	E	E	E	O	O
	R	D	D	F	D	D	F	F	F	T	F	R	D	C	D	D	F	R	L	D	D	F	D	F	L	R	
% FCM ALCANZADA	100	99	99	98	97	97	96	96	96	96	95	95	94	94	94	94	94	93	91	91	91	90	88	88	88	88	
	0	9	9	2	6	2	9	9	1	1	0	6	0	8	6	5	1	1	3	7	5	0	6	7	2	0	
	1																										

Fuente directa

En la gráfica anterior se muestra el porcentaje de frecuencia cardíaca máxima según su edad de cada jugador alcanzó en la prueba de esfuerzo, teniendo un promedio de 94.6 (DE ± 3.5) %, y un valor mínimo de 88% y 100.1% como valor máximo. Esto indica que su prueba de esfuerzo se llevo con seguridad, ya que se considera que los jugadores estudiados son sujetos entrenados. El motivo para el termino de as pruebas de esfuerzo en algunos casos fueron fatiga muscular, antes de alcanzar su frecuencia cardíaca máxima.

Gráfica 10. Tasa de recuperación al primer minuto de recuperación por jugador según su posición.



Fuente: Tabla 10

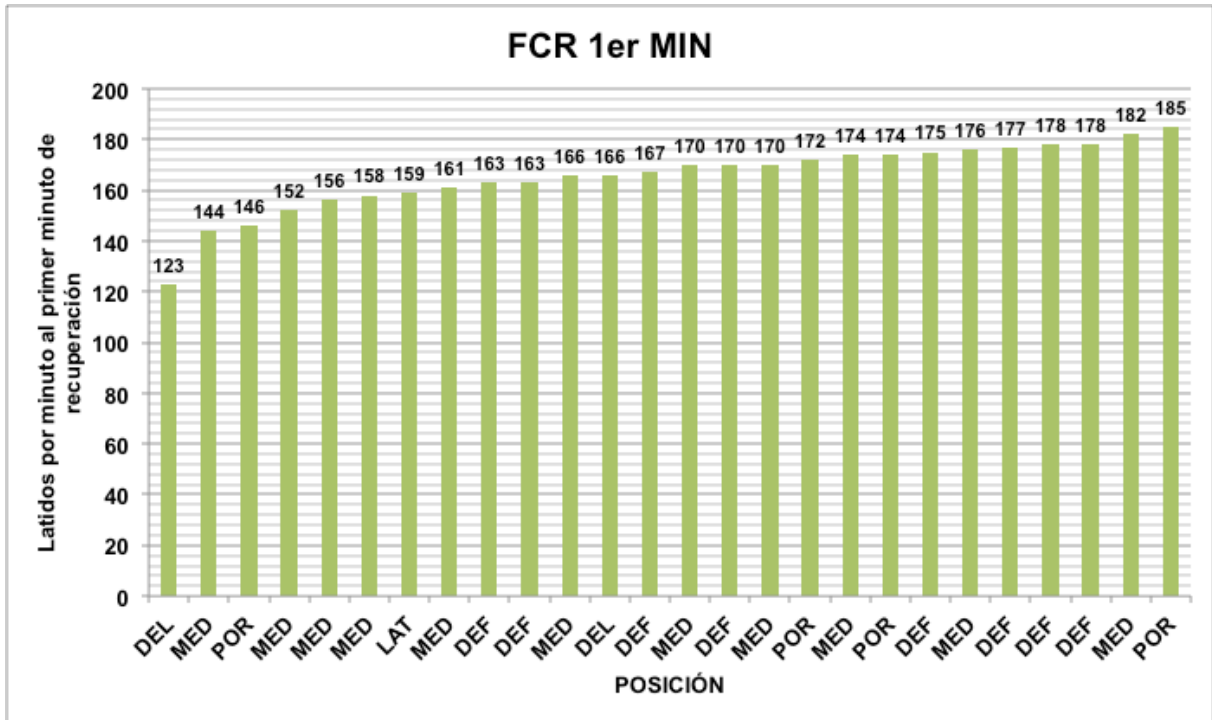
Tabla 10. Tasa de recuperación al primer minuto de recuperación por jugador según su posición.

Jugador/posición	M	M	D	D	P	M	D	P	D	D	P	D	D	M	D	M	M	M	D	M	P	D	M	M	D
	E	E	E	E	O	E	E	O	E	E	O	E	E	E	E	E	E	E	E	E	O	E	E	E	E
	D	D	F	F	R	D	F	R	F	F	R	F	F	F	C	L	D	D	D	D	F	D	R	F	D
TASA DE RECUPERACIÓN 1er. MIN	10	11	12	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	18	21	22	22	24	26	27	28	31	42	45

Fuente directa

La tasa de recuperación al primer minuto de recuperación por cada jugador y posición, es mostrada en la gráfica anterior, observando un promedio de ésta de 21 (DE ±10.9), con un rango de 10 a 51, con las posiciones de mediocampista y delantero respectivamente. Algo a destacar es el que un portero presentó una tasa de 12. Posteriormente se definirá acerca de que posición de juego es la que tuvo una mejor tasa de recuperación.

Gráfica 11. Frecuencia cardíaca al primer minuto de recuperación por cada jugador y posición.



Fuente: Tabla 11

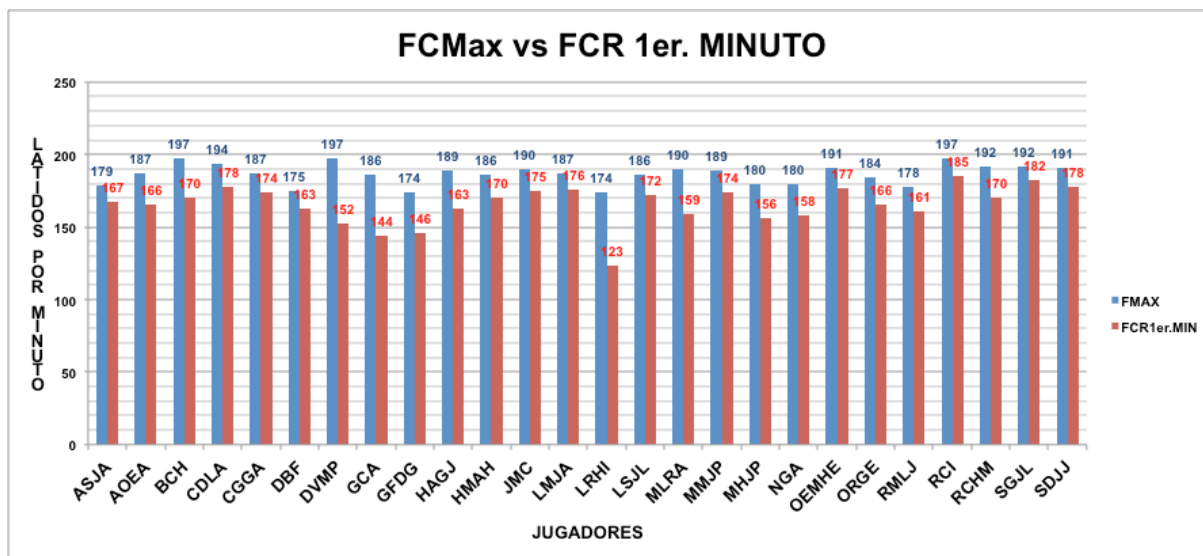
Tabla 11. Frecuencia cardíaca al primer minuto de recuperación por cada jugador y posición.

Jugador / posición	P	M	M	D	M	M	D	D	D	L	D	P	M	M	M	M	D	P	D	M	M	D	M	D	D	P
	O	E	E	E	E	E	E	E	E	A	E	O	E	E	E	E	E	O	E	E	E	E	E	E	E	O
	R	D	D	F	D	D	F	F	F	T	F	R	D	D	D	D	F	R	L	D	D	F	D	F	L	R
Frecuencia cardíaca al 1er. minuto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8
	3	4	6	2	6	8	9	1	3	3	6	6	7	0	0	0	2	4	4	5	6	7	8	8	2	5

Fuente directa

Al primer minuto de recuperación se encontró un promedio de frecuencia cardíaca de 165.6 (DE ± 13.6), con un rango de 123 a 185.

Gráfica 12. Frecuencia cardíaca máxima alcanzada y frecuencia cardíaca de recuperación al primer minuto postesfuerzo (tasa de recuperación), durante la prueba de esfuerzo con protocolo de Pugh.



Fuente: Tabla 12

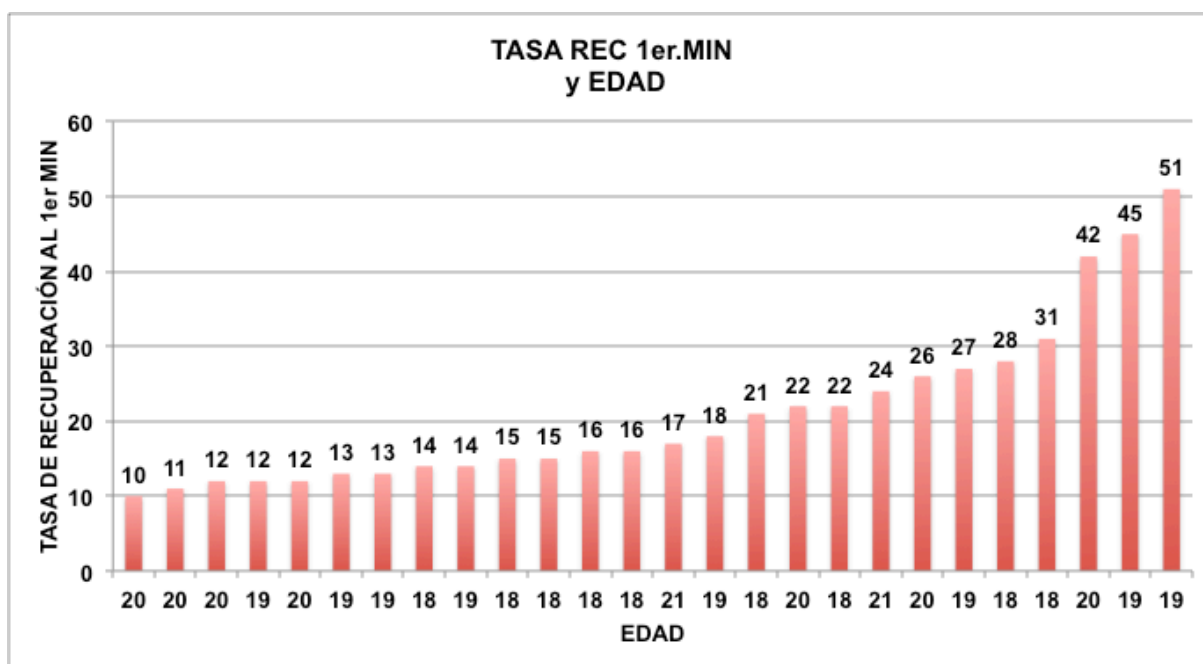
Tabla 12. Frecuencia cardíaca máxima alcanzada y frecuencia cardíaca de recuperación al primer minuto postesfuerzo (tasa de recuepración), durante la prueba de esfuerzo con protocolo de Pugh .

JUGADORES	ASJA	AOEA	BCH	CDLA	CGGA	DBF	DVMP	GCA	GFDG	HAGJ	HMAH	JMC	LMJA	LRHI	LSJL	MLRA	MMJP	MHJP	NGA	OEMHE	ORGE	RMLJ	RCI	RCHM	SGJL	SDJJ
FC Max	179	187	197	194	187	175	197	186	174	189	186	190	187	174	186	190	189	180	180	191	184	178	197	192	192	191
FC R 1er. MIN.	167	166	170	178	174	163	152	144	146	163	170	175	176	123	172	159	174	156	158	177	166	161	185	170	182	178

Fuente directa

La tasa de recuperación se calcula con la frecuencia cardíaca máxima y la obtenida al primer minuto de recuperación. En la gráfica se observa en color azul el resultado máximo obtenido y en color rojo, la frecuencia cardíaca al primer minuto, observando que esta diferencia, entre más amplia representaría una mejor recuperación, teniendo una mejor preparación física y un menor riesgo cardiovascular.

Gráfica 13. Tasa de recuperación al 1er. Minuto y edad de los jugadores.



Fuente: Tabla 13

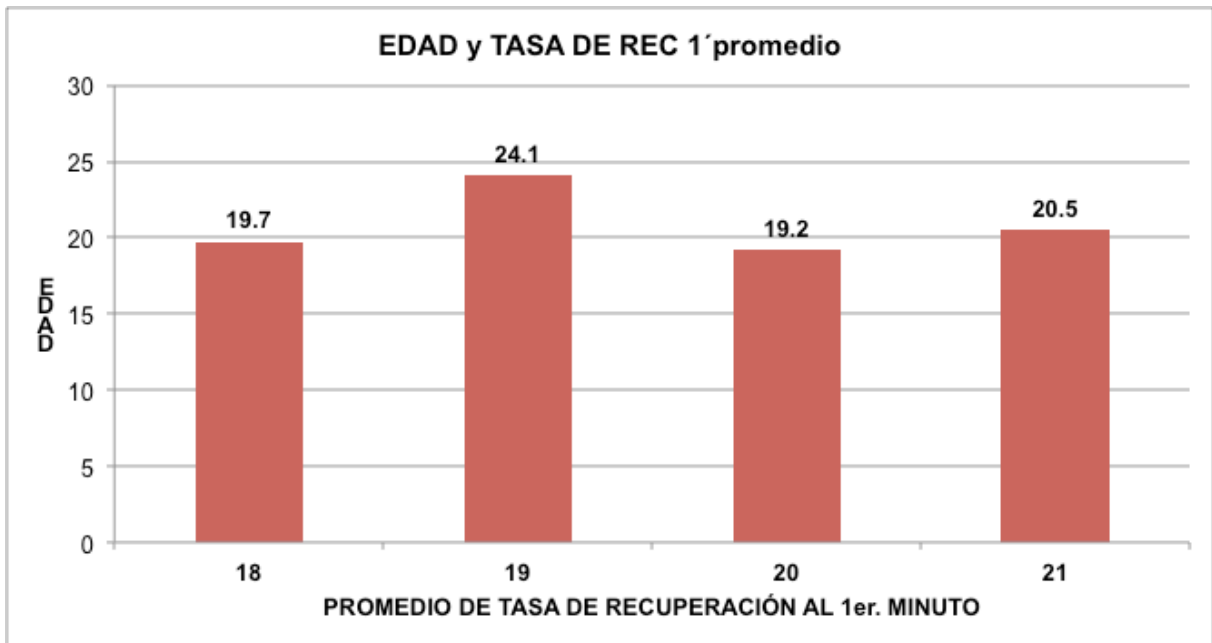
Tabla 13. Tasa de recuperación al 1er. Minuto y edad de los jugadores.

EDAD	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	2	1	1	1	2	1	1	
	0	0	0	9	0	9	9	8	9	8	8	8	8	1	9	8	0	8	1	0	9	8	8	0	9	9
TASA DE RECUPERACION	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	4	4	4	5	
	0	1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	1	2	2	4	6	7	8	1	2	5	1

Fuente directa

La gráfica anterior muestra la tasa de recuperación de los futbolistas estudiados, teniendo un promedio de 21 (DE ± 10.9) lpm, con valores de 10 en un jugador de 20 años y de 51 como máximo en uno de 19 años, siendo esto un rango más grande de lo esperado para la edad de los estudiados.

Gráfica 14. Promedio de tasa de recuperación al primer minuto en cuanto a la edad.



Fuente: Tabla 14

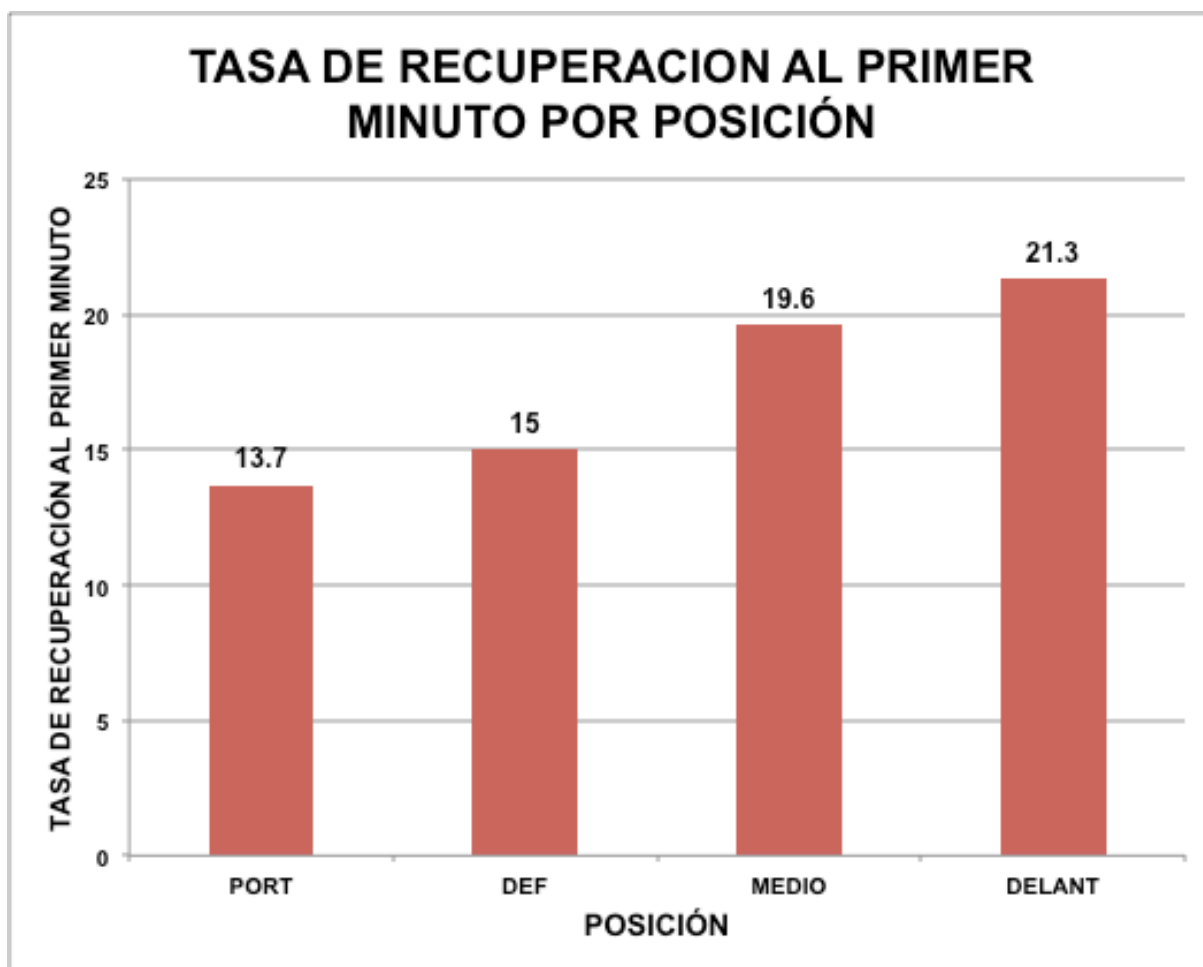
Tabla 14. Promedio de tasa de recuperación al primer minuto en cuanto a la edad.

EDAD	18	19	20	21
TASA DE RECUPERACIÓN	19.7	24.1	19.2	20.5

Fuente directa

Como se mencionó el promedio de la tasa de recuperación en general fue de 21. En cuanto a la edad se obtuvo valores de 19.2 en los jugadores de 20 años como valor mínimo, y de 24.1 como valor máximo en los jugadores de 19 años.

Gráfica 15. Tasa de recuperación al primer minuto de recuperación por posición de juego en promedio.



Fuente: Tabla 15

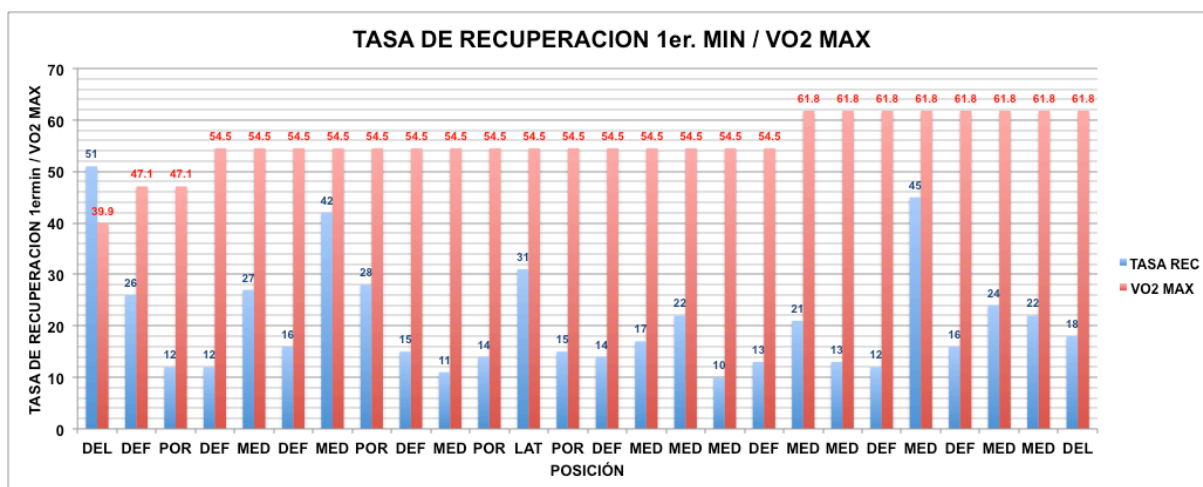
Tabla 15. Tasa de recuperación al primer minuto de recuperación por posición de juego en promedio

POSICIÓN	POR	DEF	MED	DEL
TASA DE RECUPERACIÓN	13.7 (DE± 1.5)	15 (DE± 6.2)	19.6 (DE± 9.8)	21.3 (DE± 12.8)

Fuente directa

La posición que mejor tuvo una tasa de recuperación fue la de los delanteros con 21.3, mientras que la tasa más deficiente fue la de los porteros con 13.7. Se cumplió la hipótesis del estudio, ya que superaron en un 100% (todas las posiciones) el valor determinado de 12. Cabe mencionar que se calculó el promedio por cada posición por separado, para determinar los valores anteriores.

Gráfica 16. Tasa de recuperación al primer minuto y consumo máximo de oxígeno, por jugador según su posición.



Fuente: Tabla 16

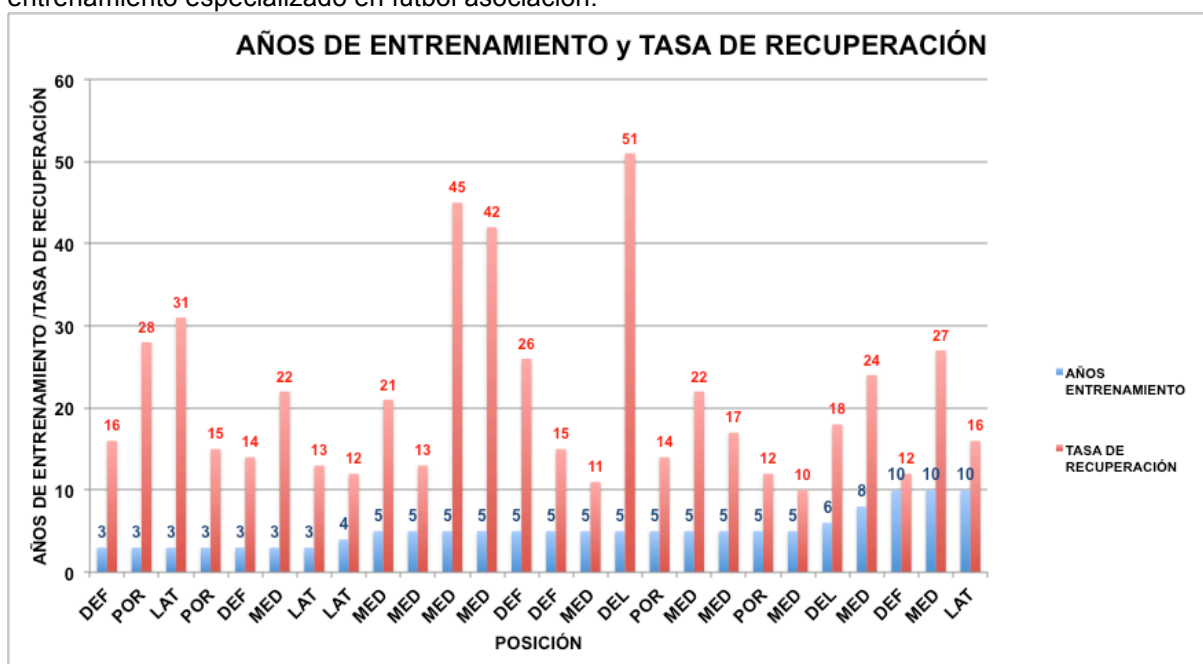
Tabla 16. Tasa de recuperación al primer minuto y consumo máximo de oxígeno, por jugador según su posición.

POSICIÓN	D E L	D E F	P O R	D E F	M E D	D E F	M E D	P O R	D E F	M E D	P O R	L A T	P O R	D E F	M E D	M E D	M E D	D E F	M E D	M E D	D E F	M E D	M E D	M E D	M E D	D E L
VO2 MAX	39.9	47.1	47.1	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	61.8	61.8	61.8	61.8	61.8	61.8	61.8	61.8
TASA REC	51	26	12	12	27	16	42	28	15	11	14	31	15	14	17	22	10	13	21	13	12	45	16	24	22	18

Fuente directa

En la gráfica anterior se muestra la comparación entre los valores obtenidos de consumo máximo de oxígeno y la tasa de recuperación de cada jugador según su posición. Encontrando que un delantero tuvo un VO₂max de 39.9 siendo este el valor más bajo pero una tasa de recuperación de 51, por lo anterior se determina que este jugador tuvo una respuesta en su recuperación más alta por alcanzar un valor medio de VO₂max, pudiendo alcanzar un valor más alto. Se concluye que en un esfuerzo máximo es lenta la recuperación de la frecuencia cardíaca.

Gráfica 17. Tasa de recuperación al primer minuto de la prueba de esfuerzo y años de entrenamiento especializado en fútbol asociación.



Fuente: Tabla 17

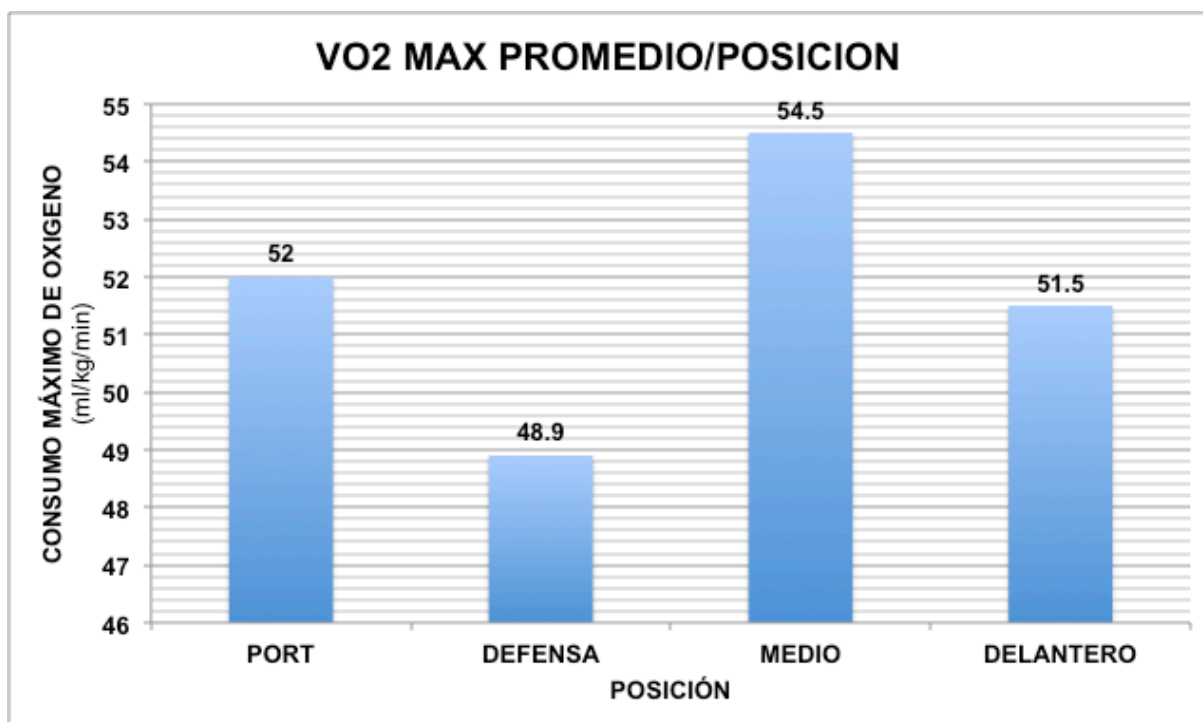
Tabla 17. Tasa de recuperación al primer minuto de la prueba de esfuerzo y años de entrenamiento especializado en fútbol asociación.

POSICION	D	P	L	P	D	M	L	L	M	M	M	M	D	D	M	D	P	M	M	P	M	D	M	D	M	L		
	E	O	A	O	E	E	A	A	E	E	E	E	E	E	E	E	O	E	E	O	E	E	E	E	E	A		
	F	R	T	R	F	D	T	T	D	D	D	D	D	F	F	D	L	R	D	D	R	D	L	D	F	T		
ANOS ENTRENAMIENTO	3	3	3	3	3	3	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	8	1	1	1
TASA DE RECUPERACION	16	28	31	15	14	22	13	12	21	13	45	42	26	15	11	51	14	22	17	12	10	18	24	12	27	16		

Fuente directa

En la gráfica anterior se muestra que la mayoría de los jugadores tiene de entre 5 a 6 años de entrenamiento, tienen un promedio de 22.6 (DE ± 13.5), seguido por los jugadores de entre 7 a 10 años de entrenamiento con 19.7 (DE ± 6.9) y por último los de 3 a 4 años de entrenamiento con 18.8 (DE ± 7.3). Esto no siendo determinante en este estudio.

Gráfica 19. Promedio de Consumo máximo de oxígeno al final de la prueba, por posición de juego.



Fuente: Tabla 19

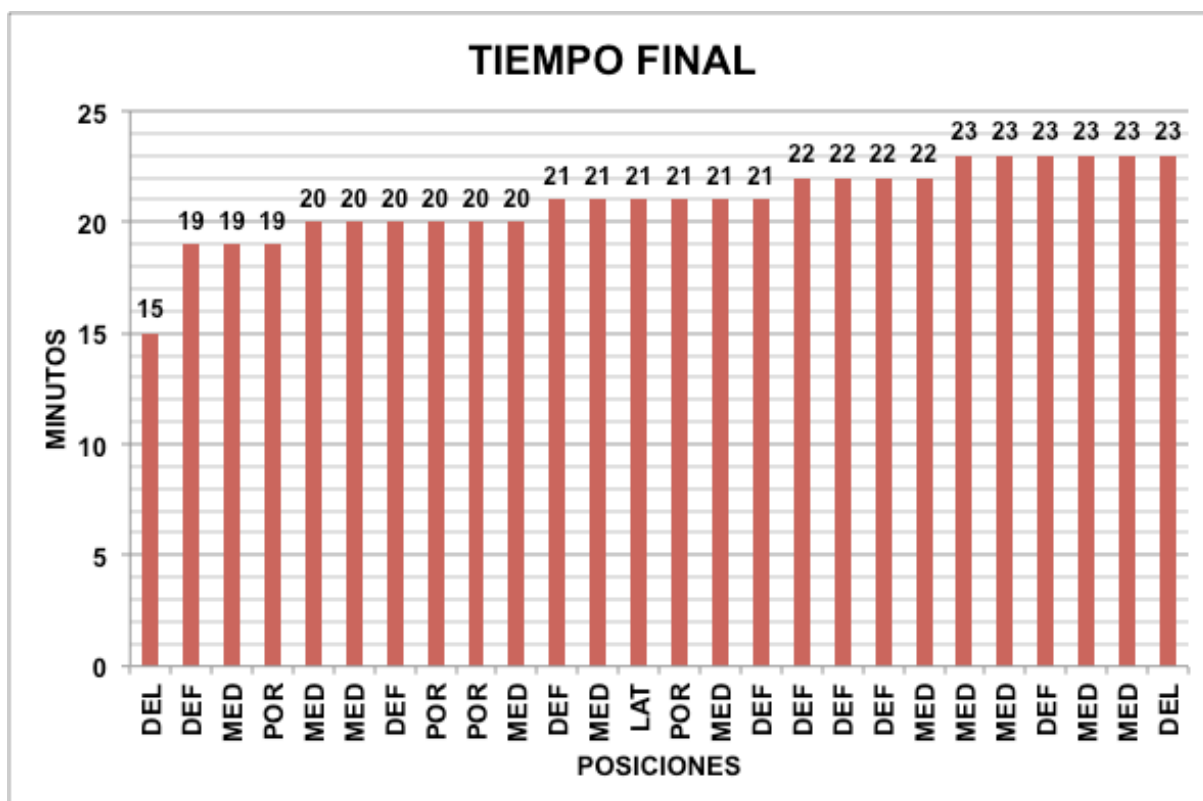
Tabla 19. Promedio de Consumo máximo de oxígeno al final de la prueba, por posición de juego.

POSICIÓN	PORT	DEFENSA	MEDIO	DELANTERO
VO₂ max	52 (±4.3)	48.9 (±16.4)	54.5 (±9.5)	51.5 (±15)

Fuente directa

Se determinó el consumo máximo de oxígeno de cada jugador por posición como se mencionó anteriormente, en la gráfica anterior se muestra el promedio de consumo máximo de oxígeno por posición, obteniéndose los siguientes valores en orden ascendente: defensas (48.9), delanteros (51.5), porteros (52) y mediocampistas (54.5). Llegando a la conclusión que a pesar de tener mejor VO₂ max los mediocampistas, los delanteros tienen mejor tasa de recuperación.

Gráfica 20. Duración de la prueba de esfuerzo por jugador según su posición.



Fuente: Tabla 20

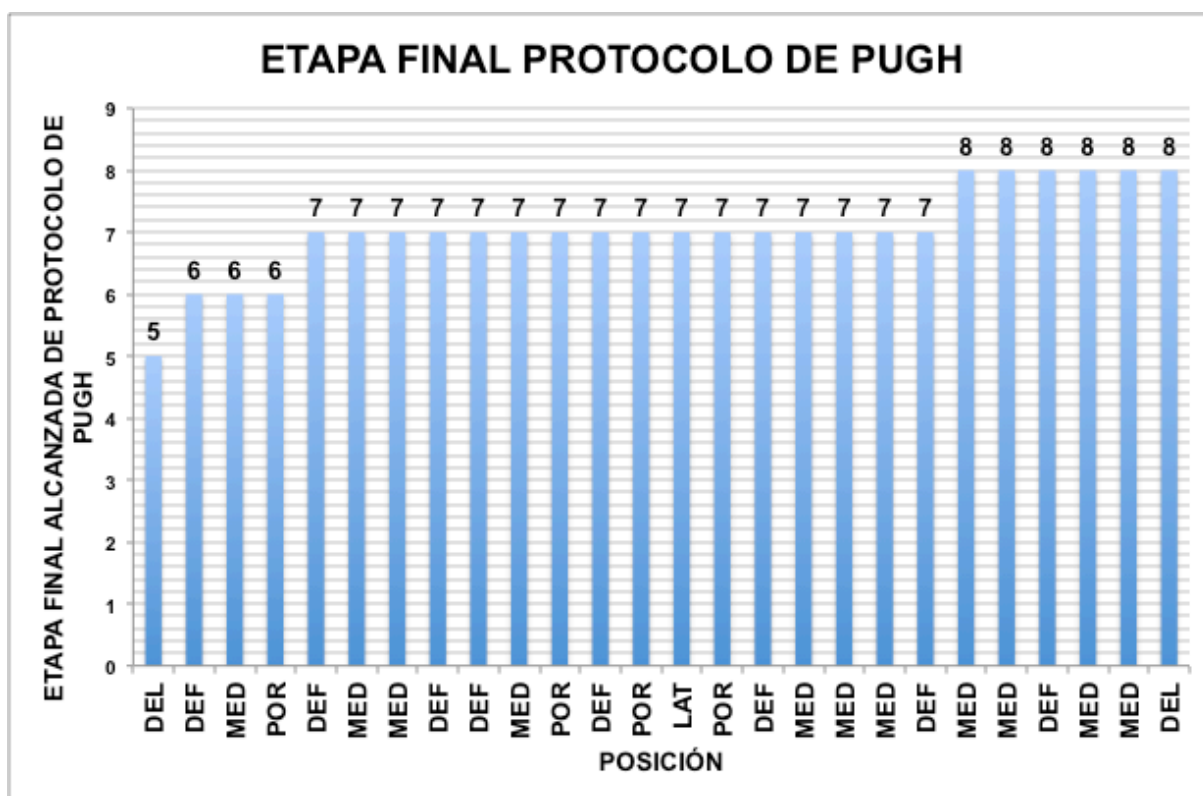
Tabla 20. Duración de la prueba de esfuerzo por jugador según su posición.

Jugador / posición	D	D	P	D	M	D	M	P	D	M	P	L	P	D	M	M	M	D	M	M	D	M	M	D	M	M	D
	E	E	O	E	E	E	E	O	E	E	O	A	O	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
	L	F	R	F	D	F	D	R	F	D	R	T	R	F	D	D	D	F	D	D	F	D	D	F	D	F	D
MINUTOS	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	5	9	9	9	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3

Fuente directa

La duración de los evaluados durante la prueba de esfuerzo es en promedio de 20.9 (DE ± 1.8) minutos, teniendo un valor mínimo de 15 (un delantero) y un valor máximo de 23 (un delantero). Posteriormente se mencionará las etapas logradas con el protocolo de Pugh.

Gráfica 21. Etapa de Protocolo de Pugh alcanzada durante la prueba de esfuerzo.



Fuente: Tabla 21

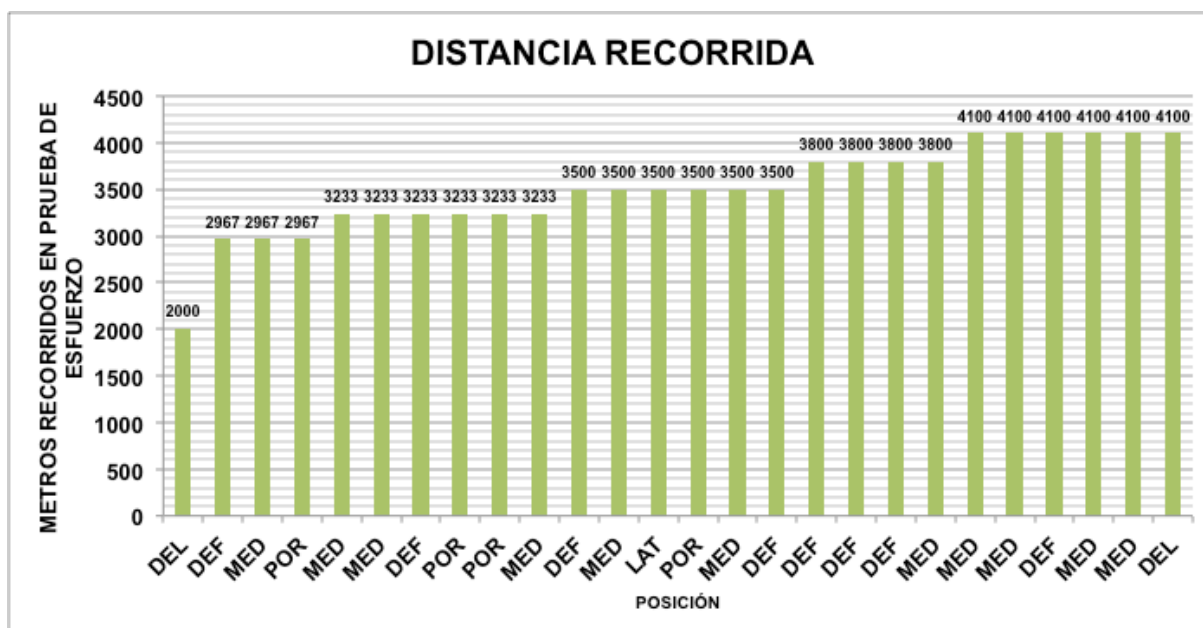
Tabla 21. Etapa de Protocolo de Pugh alcanzada durante la prueba de esfuerzo.

POSICIÓN	D	D	M	P	D	M	M	D	D	M	P	D	P	L	P	D	M	M	M	D	M	M	D	M	M	D
ETAPA ALCANZADA	5	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7

Fuente directa

Los jugadores de fútbol asociación evaluados, terminaron un promedio de 7 (DE ± 0.7) etapas del protocolo de Pugh en prueba de esfuerzo. Con una etapa mínima de 5 y un máximo de 8, ambos delanteros. Que corresponde a lo reportado anteriormente en la duración del tiempo.

Gráfica 22. Metros recorridos en la prueba de esfuerzo, con protocolo de Pugh, durante todas las etapas.



Fuente: Tabla 22

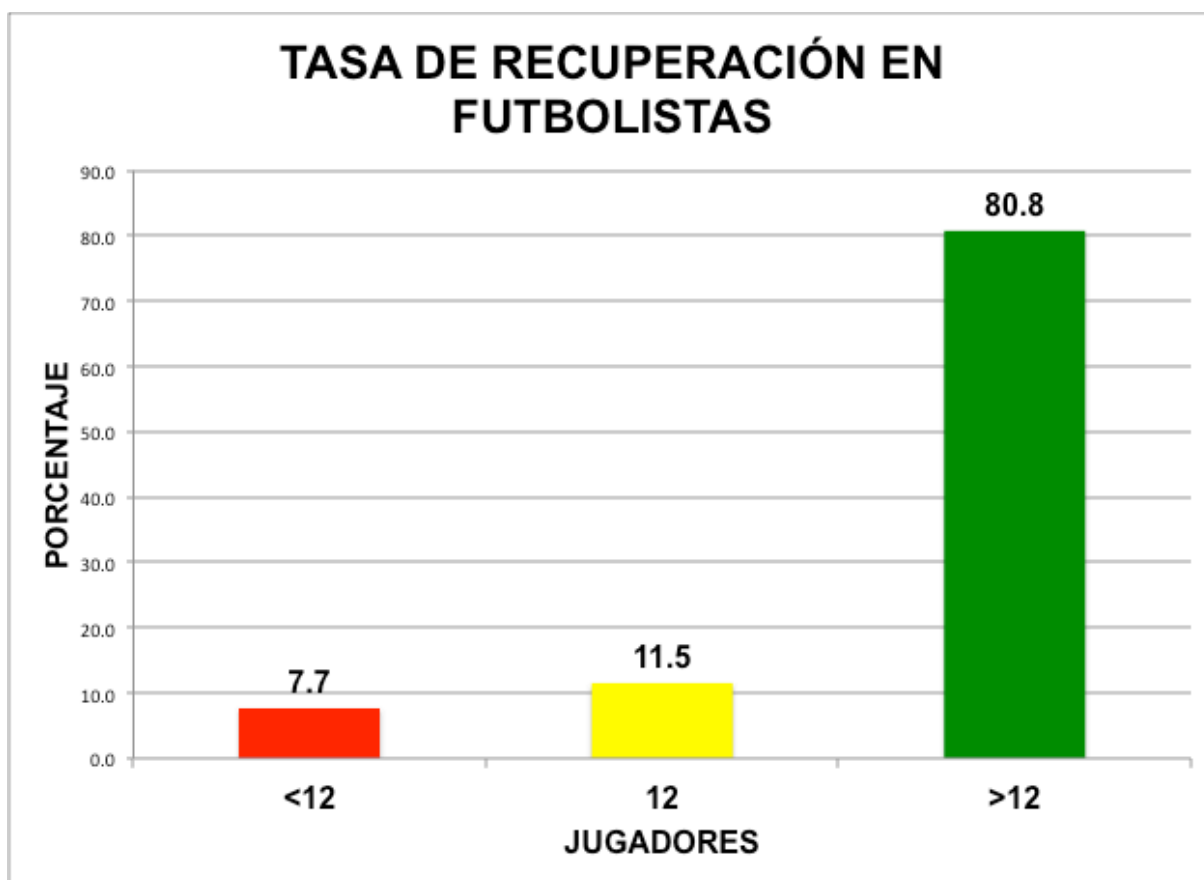
Tabla 22. Metros recorridos en la prueba de esfuerzo, con protocolo de Pugh, durante todas las etapas.

Jugador / posición	D E L	D E F	P O R	D E F	M E D	D E F	M E D	P O R	D E F	M E D	P O R	L A T	P O R	D E F	M E D	M E D	M E D	D E F	M E D	M E D	D E F	M E D	M E D	M E D	M E D	M E D	M E D
METROS	2000	2967	2967	2967	3233	3233	3233	3233	3233	3233	3233	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3800	3800	3800	3800	4100	4100	4100	4100	4100	4100

Fuente directa

La distancia recorrida por cada jugador durante las etapas que se evaluaron en la prueba de esfuerzo con protocolo de Pugh, tuvo un promedio de 3503 (DE ± 491.9) metros, con un valor mínimo de 2000 y máximo de 4100 metros, ambos delanteros. Con este dato se puede concluir que aunque durante un partido de fútbol se recorren mayores distancias en mayor tiempo (8 a 12 kilómetros en aproximadamente 90 minutos) existen tiempos muertos, en los cuales se logra una recuperación. Si se tomara los 23 minutos con 4100 metros, se obtendrían a 90 minutos de un partido normal, 16043 metros o a 90 minutos con 12000 metros recorridos como ritmo de partido en 23 minutos se recorrerían 3066 metros. Siendo durante la ergometría un esfuerzo creciente en intensidad sin pausa de recuperación.

Gráfica 23. Porcentaje de jugadores con tasa de recuperación mayor de 12 lpm.



Fuente: Tabla 23

Tabla 23. Porcentaje de jugadores con tasa de recuperación mayor de 12 lpm.

TASA DE RECUPERACIÓN	<12	12	>12
%	7.7	11.5	80.8

Fuente directa

La gráfica anterior demuestra la aceptación de la hipótesis, ya que de los 26 jugadores profesionales de fútbol asociación evaluados para este estudio, sólo 2 jugadores lograron obtener una tasa de recuperación menor de 12 lpm (7.7%), 3 presentaron una tasa de recuperación de 12 lpm (11.5%) y 21 jugadores (80.8%) registraron una tasa mayor de 12 lpm. Concluyendo con esto la aceptación de la hipótesis enunciada.

IX. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En esta investigación se evaluó la tasa de recuperación de la frecuencia cardíaca en jugadores profesionales de fútbol asociación mediante una prueba de esfuerzo. Se postuló como hipótesis que un 70% tendrían una tasa de recuperación mayor de 12 lpm, esto como un indicador de buen entrenamiento. Teniendo como resultados que el 80.8% de los evaluados obtuvieron una tasa de recuperación de más de 12 lpm, considerando esto como adecuada recuperación y por lo tanto un mejor estado físico-atlético, lo que llevará a un rendimiento mayor. Se encontró un valor promedio general de 21 (± 10.9) de tasa de recuperación.

Se realizó una muestra con un rango de edad corto (19.1 ± 1 años), para que los resultados tuvieran los menores sesgos, obteniendo por lo tanto, valores con poca diferencia, concluyendo por lo tanto que fue una población homogénea de jugadores sub 20. Por lo tanto no se podría afirmar lo que se mencionaba como una recuperación más lenta en jóvenes en la bibliografía consultada, pudiéndose explicar por el rango corto de edad. A pesar de esto, se encontró una amplia variabilidad en los resultados de tasa de recuperación al primer minuto con respecto a la edad. Obteniendo valores de 10 a 51 en una edad de 18 a 21 años, siendo esto no lo esperado para la edad de la muestra y el nivel de entrenamiento.

En cuanto a la posición de juego que desempeñaban se encontró que los delanteros tenían una mejor tasa de recuperación con un valor de 21.3, seguidos por los mediocampistas y por último (como era de esperarse) de los porteros. Esto siendo lo normal para la posición de portero, ya que ellos desarrollan otro tipo de entrenamiento especializado (fuerza, fuerza explosiva, velocidad de reacción, etc.) y no de la misma forma, tipo aeróbico. Se esperaba que los mediocampistas fueran los de mejor tasa de recuperación, quedando con valores de 19.6, por detrás de los delanteros. Mientras que en cuanto a la posición de juego y el consumo máximo de oxígeno se encontró que los mediocampistas tuvieron los valores más altos, siendo estos de $54.5 (\pm 9.5)$ y los más bajos los defensas con $48.9 (\pm 16.4)$, siendo esto último un dato no esperado. Cabe mencionar que se encontraron valores bajos de 10, en un mediocampista, con un consumo máximo de oxígeno de 54.5 ml/kg/min , esto pudiéndose considerar como mala recuperación, ya que al tercer minuto continuo con 169 lpm.

La frecuencia cardíaca preesfuerzo tuvo una amplia variación entre los jugadores, ya que hubo un rango de 48 a 115 lpm, esto se podría explicar por factores como la adaptación cardiovascular al deporte (bradicardia), nerviosismo, estrés, prueba anterior realizada, periodo de entrenamiento (venían de periodo de transición), etc. en el caso de taquicardia. El promedio fue de $74.9 (\pm 15.5)$ lpm.

En relación a la tasa de recuperación con el consumo máximo de oxígeno se encontró que a la realización de un esfuerzo máximo, la recuperación de la frecuencia cardíaca era más baja, ya que entre mas VO_2 max se encontró, la tasa de recuperación era más lenta; y a su vez si tenían una rápida recuperación, habían obtenido un consumo máximo de oxígeno menor de la media. Cabe mencionar el caso de un delantero que desarrollo un VO_2 max de 39.9 y una tasa de 51, lo cual hace suponer que pudo haber tenido un mejor rendimiento en la prueba de esfuerzo, por su adecuada recuperación al esfuerzo sostenido.

Existe otro estudio (143) que determina la tasa de recuperación en noventa y dos futbolistas profesionales italianos de fútbol asociación. En dicha bibliografía evalúan a los jugadores con un protocolo de rampa en un cicloergómetro, encontrando valores más altos en defensas (32.10 DE \pm 9.55), seguidos por los mediocampistas (31.31 DE \pm 7.43), los delanteros (27.11 DE \pm 4.04) y los más bajos en los porteros (20.53 DE \pm 6.67). Esto diferente a lo observado en éste trabajo de investigación, cabe mencionar que se utilizó un protocolo no especificado y utilizando un cicloergómetro, y la muestra fue mayor, al igual que el promedio de edad (25.27 \pm 4.06 años).

En la realización de este estudio existieron algunas limitantes, como lo son el tamaño de la muestra, ya que el número de jugadores profesionales de fútbol asociación solo fueron 26, se proponía que fueran mínimo 30 jugadores pero al momento de realizar las pruebas de esfuerzo, existieron 4 que no la pudieron realizar. Esto debido a que 2 jugadores estaban realizando entrenamientos con el primer equipo del club y no se encontraban en el momento de la evaluación, 1 jugador estaba en periodo de rehabilitación de lesión previa y 1 jugador se presentó con infección respiratoria aguda y no acepto hacer la prueba. Al ser una muestra pequeña no puede considerarse como representativa de la categoría sub 20.

Dentro de las debilidades del estudio esta que la muestra es irregular en cuanto a las posiciones de juego, ya que hubo posiciones como los mediocampistas y defensas que presentaron un número de 11 y 9 jugadores respectivamente, mientras que de porteros solo fueron 3. Sabiendo de antemano que en un equipo de futbol, es difícil que se tengan el mismo número de jugadores por posición de juego.

En la forma de medición de la frecuencia cardíaca se realizó con un pulsómetro, el cual tenia un rango de diferencia de 3 segundos de diferencia al valor real.

Otra limitante fue los años de entrenamiento especializado, ya que la muestra tuvo un rango muy amplio en cuanto al tiempo, pudiéndose cerrar dicho rango de tiempo.

En cuanto a las mejoras que se le pudieron hacer en beneficio de la investigación, es que se puede ampliar la muestra, (por posición, edad, años

de entrenamiento, etc.) ya que entre más jugadores que cumplan con los criterios de selección, se obtendrán resultados más significativos.

En relación a la medición de la frecuencia cardíaca se puede mejorar la obtención de la misma de un modo aún más exacto, esto con el equipo electrónico más avanzado, incluso hacer convenios con empresas fabricantes de pulsómetros para su donación en favor de la investigación. Junto con el registro electrocardiográfico con mejores filtros de señal para su obtención.

Con los resultados obtenidos, se menciona que la hipótesis es aceptada.

X. CONCLUSIONES

Al término de este estudio se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. Se acepta la hipótesis enunciada, ya que el 80.8% de pacientes presentaron una tasa de recuperación mayor de 12.
2. La edad de los jugadores de fútbol asociación fue elegida de forma adecuada para la investigación, ya que hubo poca variación de la misma. Promedio de 19.1 (± 1) años.
3. El número de jugadores por posición fue irregular, posiciones con 11 jugadores (mediocampistas) y otras con 3 (porteros).
4. El tiempo de entrenamiento especializado fue en promedio de 5.2 (± 2.1) años, variando de 3 a 10 años.
5. Las horas de entrenamiento semanal en promedio fueron de 14.7 (± 3) horas.
6. La frecuencia cardíaca preesfuerzo fue variable, esto por diversos factores ya comentados. El promedio fue de 74.9 (± 15.5) lpm con rangos de 48 a 115 lpm.
7. Al realizar la prueba de esfuerzo con protocolo de Pugh, se obtuvieron valores de porcentaje de frecuencia cardíaca máxima por edad, con cifras de 100 a 88%, considerándolas como pruebas submáximas. Con un promedio de 94.6 (± 3.5) %.
8. El promedio de tasa de recuperación de frecuencia cardíaca al minuto por cada jugador fue de 21 (10.9) lpm.
9. Se observó en la gráfica (FCMax alcanzada y FCR1min) que entre más diferencia se observaba entre ellas era mejor la recuperación. siendo esto más entendible al ser explícita la imagen.
10. No se demostró alguna variación de la tasa de recuperación por la edad.
11. Los delanteros presentaron una mejor tasa de recuperación con 21.3 (± 12.8) lpm, seguidos por los mediocampistas con 19.6 (± 9.8) lpm, los defensas con 15 (± 6.2) lpm y los de menor recuperación los porteros con 13.7 (± 1.5) en promedio.
12. En relación del consumo máximo de oxígeno y la tasa de recuperación se observó a un jugador (delantero) con un VO_2 max de 39.9 con tasa de recuperación de 51, donde se puede suponer que su rendimiento puede ser mejorado ya que tuvo una recuperación rápida y preesfuerzo tuvo 71 lpm.

13. Con respecto a los años de entrenamiento y la tasa de recuperación, no hubo resultados que confirmaran que a mayor años de entrenamiento se presentaría mejor recuperación.
14. El consumo máximo de oxígeno de los futbolistas evaluados fue en promedio de 55.6 (± 5.4), considerado como muy bueno para el deporte.
15. En cuanto a la posición de juego y el consumo máximo de oxígeno se encontró que los mediocampistas tuvieron los valores más altos, siendo estos de 54.5 (± 9.5) y los más bajos los defensas con 48.9 (± 16.4), siendo esto último como no esperado.
16. La duración por todas las etapas del protocolo de Pugh en la banda sinfín fue de 20.9 (± 1.8) minutos en promedio. Con un registro completo de etapas de 7 (± 0.7) de dicho protocolo.
17. Durante la ejecución del protocolo de Pugh se obtuvieron distancias de entre 2000 a 4100 metros. Con un promedio de 3503 (± 491.9).

XI. SUGERENCIAS

Al término de este estudio se han llegado a diversas conclusiones, que se han mencionado anteriormente, las cuales nos hacen notar los alcances y limitaciones de este trabajo. Por lo cual se mencionan algunas sugerencias:

- Registrar en los reportes de pruebas de esfuerzo los minutos totales y distancia final al término de la prueba de esfuerzo para una mayor comprensión por parte de los pacientes.
- Realizar un registro gráfico de la curva de incremento y recuperación de la frecuencia cardíaca de forma rutinaria.
- Hacer una comparación al inicio y final de temporada de las evaluaciones para obtener resultados que sugieran incremento de la capacidad aeróbica.
- Registrar en los formatos de historia clínica, el tiempo de entrenamiento por día, separando el tiempo efectivo y el relativo.
- Usar un pulsómetro con medición a tiempo real de la frecuencia cardíaca.
- Utilizar en la realización de pruebas de esfuerzo un baumanómetro electrónico para la toma de tensión arterial en cada una de las etapas, con su calibración de forma continua.

XII. BIBLIOGRAFÍA

- 1) FIFA. (2013). *FIFA*. Recuperado el 25 de octubre de 2013, de La organización:
es.fifa.com/aboutfifa/organisation/marketing/sponsorship/appeal.html
- 2) Barbany, J. *Fisiología del ejercicio físico y del entrenamiento*. Barcelona, España: Paidotribo. (2002).
- 3) Chicharro J, F. A. *Fisiología del ejercicio*. Madrid, España: Panamericana. (2001).
- 4) Peidro R, A. A. *Prevención y rehabilitación cardiovascular*. (2002).
- 5) Mc. Ardle W, K. F. *Fundamentos de fisiología del ejercicio*. Madrid: Mc Graw Hill. (2004).
- 6) Willmore J, C. D. *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Buenos Aires, Paidotribo. (2004)
- 7) Millat, V. *Fisiología y metodología del entrenamiento. De la teoría a la práctica*. Barcelona, España: Ed. Paidotribo. (2004).
- 8) Gregoire, T. Y. Heart rate variability at rest and exercise :Influence of age, gender and physical training. *Canadian Journal of applied Physiology*, (1996). 455-470.
- 9) Jensen, S. E. Pronounced resting bradycardia in male runners is associated with high heart rate variability. *Scand Journal Medicine Science Sports*. (1997). 274-278.
- 10) Lellamo, P. S. T-wave and hereath rate variability changes to assess training in world class atheltes. . *Medicine and Science in Sport and Exercise*.(2004). 31(12).1748-1754.
- 11) Oida, M. Tone-entropy analysis on cardiac recovery after dynamic excercise. *journal of aplly Physiology*, (Junio de 1997). 1994-1801.
- 12) De Dios, G. G., & Fernández. Variaciones fisiológicas en la medición del ECG en deportistas. Variaciones de morfología y voltaje de las ondas, criterios de hipertrofia y eje cardíaco. *Revista de la Federación Española de Medicina del Deporte*. (1998). 110-119.
- 13) PM., W. Improving performance with a ramped Bruce protocol. (2009). 111-128.

- 14) MP., T. Vagal modulation of hearth rate during exercise. (2001). 45-52.
- 15) La Rovere, P., & Hohnloser, M. Baroreflex sensitivity and heart rate variability in the identification of aptientes at risk for life-threatening arrythmias. Implications for clinical trials. *Circulation*.(2001)(103), 2072-2077.
- 16) Nurhayati, B. Cardiovascular response to passive cycle exercise. *Circulation*.(1998).111-118.
- 17) Alonso DO, F. M. Comportamiento de la frecuencia cardiaca y de su variabilidad durante las diferentes fases de ejercicio físico progresivo. *Arq Bras cardiol*. (1998). (71), 787-792.
- 18) Astrand P, R. K. *Tratado de fisiología y ejercicio*. Rio de Janeiro, Brasil: Internacional de Río de Janeiro. (1998).
- 19) Conconi, F. Z. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *Journal Appl Physiol*. (1982) (52), 869-837.
- 20) De Oliveira, F. *Predicción de los umbrales de lactato y ajustes de frecuencia cardíaca en el test de Leger-Boucher*. País Vasco, San Sebastian, España: Universidad del País Vasco. (2004).
- 21) Taylor, H. The standartization and interpretaion of submaximal and maximal test of working capacity. *Pediatrics*.(1963) (32), 703-722.
- 22) Astrand, P., & Rodahl, K. *Fisiología del trabajo físico. Bases fisiológicas del ejercicio*. Buenos Aires, Argentina: Médica Panamericana. (1986).
- 23) Constanzo, L. *Fisiología del ejercicio*. Madrid, España: Elsevier. (2011).
- 24) Fronchetti L, N. A. Indicadores e la regulación cardiaca autonómica durante el ejercicio progresivo. *Rev. Port Cien Desp*. (2006). 21-28.
- 25) Conconi, F. Z. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *Journal Appl Physiol*.(1982)(52), 869-837.
- 26) Pate, P. B. Recommendation from the centers for disease control and prevention in the American College of Sports Medicine. *J.Apply Sport*. (1995).
- 27) American College Of Cardiology (ACC)/ American heart association (AHA). (2002). Guideline update for exercise testing. *Circulation*, 1883-1892.

- 28) Stolen, C. C. Physiology of socceran update. *Journal Sport Medicine*. (2005). (35), 501-536.
- 29) Bangsbo. The physiology of soccer -with special reference to intense intermittent exercise. *Journal Physiology Scand Suppl*. (1994) 111-155.
- 30) Van Gool, V. G. The physiological load imposed on soccer players during real match play. *Scinece and football*, (1988) 51-59.
- 31) Shepard, R. Biology and medicine of soccer:An update. *Journal of Sports Sciences*.(1999) (17), 757-786.
- 32) Helgerud, & Engen, W. H. Aerobic endurance training improves soccer performnaces. *Med Sci Sports Exercise* (Noviembre de 2001). (33), 1925-1931.
- 33) Norregard, t. B. Activity profile of competition soccer. *Canadian Journal Sport Science*. (1991). (16), 110-116.
- 34) Apor, P. Successful formulas for fitness training. *Science and Football*. (1988). 95-107.
- 35) Reilly T., G. D. Science and football: a review of applied research in the football. *Journal Sport Science*. (Septiembre de 2003). (21), 693-705.
- 36) Di Salvo V., B. R. Performance characteristics according to playing position elite soccer. *International Journal Sport Medicine*.(2007). 28(3), 222-227.
- 37) Dawson B., H. R. Player movement patterns and game activities in the Australian Football League. *Journal of Science and Medicine in Sport*. (2004). 278-291.
- 38) Bangsbo J., M. M. Physical and metabolic demnads of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports sciences*. (2006). 655-674.
- 39) Bagger M., P. P. Biological variation in variables associated with exercise training. . *International Journal of Sports Medicine*. (2003). 433-440.
- 40) Mohr M., K. P. Match performance of high -standar soccer players with special refrence to development of fatigue. *Journal of Sport Sciences*. (2003). 439-449.
- 41) Di Salvo V., C. A. Validation of prozone. A new video-based performance anlaysis system. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. (2006). 108-119.

- 42) Burgess D., N. G. Profile of movement demands of national football players in Australia. *Journal of Science and Medicine in Sport*. (2006). 334-341.
- 43) Calderon Montero F., B. P. Estudio de la frecuencia cardiaca en deportistas élite. *Selección*. (1997) 101-105.
- 44) Darr K., B. D. Effects of age and training status on heart rate recovery after peak exercise. *Circulation*. (1988) 219-223
- 45) Javorka M., Z. Heart rate recovery after exercise: relations to heart rate variability and complexity. *Braz Journal Med Biol Res*. (2002). 991-1000.
- 46) Ohuchi H., H. Y. Post exercise heart rate, blood pressure and oxygen uptake dynamics in pediatric patients with Fontan circulation. *Int Journal Cardiol*. (2005). (101), 129-136.
- 47) Short K.R., W. J. The effect of upper body exercise intensity and duration on post exercise oxygen consumption. *Int Journal Sport Medicine*. (s.f.). 17(8), 559-563.
- 48) Calderón F., G. G. Estudio de la recuperación en tres formas de esfuerzo intermitente: aeróbico, umbral y anaeróbico. *Apunts*. (1994). (55), 14-19.
- 49) Rosenbluth A., S. F. The inter relations of vagal and accelerator effects on the cardiac rate. *American Journal Physiology*. (1934). 42-45.
- 50) Savin W., D. D. (s.f.). Autonomic contribution to heart rate recovery from exercise in humans.
- 51) López C., T. J. Análisis de la curva de recuperación rápida de la frecuencia cardíaca. *Apunts*. (1988). (25), 29-35.
- 52) Ogaki T., S. A. Plasma sulpho-conjugated catecholamine dynamics up to 8 h after 60 min exercise at 50% and 70% maximal oxygen uptakes. *European Journal Appl Physiol Occup Physiol*. (1995) (72), 6-11.
- 53) Duclos M., C. J. Trained versus untrained men; different inmedicate post-exercise responses of pituitary adrenal axis: a preliminar study. *European appl Physiol occup*. (1997) 343-350.
- 54) J., R. S. Evaluaciones fisiológicas de los futbolistas. *Archivos Medicina del Deporte*. (1997). 485-491.
- 55) Bernard, T., Falgairielle, G., Gavarry, O. B., & Marconnel, P. Interest de la frequence cardiaque pour evaluer la consomation d' oxigene en

- situation non stable d'exercise et an cours de la recuperation. (1996). *Science & Sport*.
- 56) Calbet, L. Factores determinantes el VO₂max:papel del sistema cardiovascular. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, XI, (1997) 13-18.
- 57) Gómez Piriz, S. G. VO₂max y Umbral anaeróbico en futbolistas profesionales y juveniles. Repercusiones en el entrenamiento. *Revista de Entrenamiento Deportivo*. (2004) (18), 37-42.
- 58) Nowacki P., C. D. Biological performance of German soccer players (professionals and juniors) tested by special ergometry and treadmill methods. *Science and Football*. (1988). 145-157.
- 59) Santos J., C. O. Estudo comparativo, fisiológico, antropométrico e motor entre futebolistas de diferente nivel competitivo. *Rev Faculdade de ciencias do Desporto de Educação Física*. (2002). 129-136.
- 60) Reilly T., B. J. Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Journal of sports Sciences*, (2000). 18(9), 669-683.
- 61) Gonzalez Iturri, F. d. Seguimiento ergométrico de un equipo de futbol profesional. *El Entrenador Español*. (s.f.). (34), 17-23.
- 62) Mercer T., G. N. Fitness profiles of professional soccer players before and after pre-season conditioning. *Science and Football*. (s.f.). 112-117.
- 63) Casajus. Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. (2001). 41(4), 463-469.
- 64) Wisloff U., H. J. Strength and endurance of elite soccer players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, (1998) 30(3), 462-467.
- 65) Bangsbo J., L. F. Comparison of various exercise test with endurance performance during soccer in professional players. *International Journal of Sports Medicine*, (1992). 13(2), 125-132.
- 66) Tumilty. Physiological Characteristics of elite soccer players. *Sports Medicine*, (1993). 16(2), 80-96.
- 67) Bosco. *Aspectos fisiológicos de la preparación física del futbolista*. Barcelona, España: Paidotribo. (1991).
- 68) Ferreira. Análise da performance em futebol. Estudo comperativo da frecuencia cardiaca a dasaccoes tactico-tecnicas em equipas de diferente nivel competitivo, no escalao sub 16 e sub 17. (2002).

- 69) R., N. M. Análisis de las modificaciones de frecuencia cardíaca de futbolistas no profesionales durante la competición. *Training Futbol* (1998). (25), 42-46.
- 70) Pablos, C. H. Entrenamiento integrado: justificación de las propuestas de netrenamineto y evaluación de rendimiento aero-anaeróbico en el fútbol. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, (2000). 14(3), 5-15.
- 71) Mombaerts. *Fútbol: Del análisis del juego a la formación del jugador*. Barcelona, España: INDE. (2000).
- 72) Ali A., F. M. Recording soccer player's heart rates during matches. *Journal of Sports Sciences*, (1991). 9(2), 183-189.
- 73) Castellano J., M. J. Cuantificación del esfuerzo físico del jugador de futbol en competición. *Training Fútbol*, (1996). 27-41.
- 74) Godik M., P. A. *La preparación física del futbolista*. Barcelona, España: Paidotribo. (1998).
- 75) Schwabwenger G., P. H. Vergleichende laborund feuntersuchungen zur traingsbegleitenden lesitungsdisgnostik bei mittelstreckenläufern und schwimmern. *Leistungssport*, (1984). 25-31.
- 76) Papelier Y., C. F. LA measure de la frequence cardiaque. *EPS*, (1997). 73-78.
- 77) Karvonen J., C.-M. J. Comparison of heart rates measured by ECG and microcomputer. *The Physician and sport Medicine*, (1984). 12(6), 65-69.
- 78) Imai, K., Hideyuki, S., & Msatsugu, H. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart faliture. *Journal of American Collegue Cardiology*, (1994). 24(6), 1529-1535.
- 79) Jolly, M. Impact of exercise on heart rate recovery. *Circulation*. (2010)1634-1642
- 80) Chamoux A., F. N. Football Professionel. Sur le terrain, suivi de l'entraînement par la frequence cardiaque et la lactatemie. *Médecine du Sport*, (1988). 62(2), 88-93.
- 81) Schmid P., D. H. Labordiagnostiche ergebnisse von fussball-und handball-spielern. *Deutsche Zeitschrift*, (1983). 365-375.
- 82) T, R. Physiological profile pf the player. En Reilly, *Handbook of Sports medicine and Science* (págs. 78-94). Blackwell Scientific Publications. (1994).

- 83) Sözen A., A. V. Echocardiographic findings in professional league soccer players. effect of the position of the players on the echocardiographic parameters. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, (2000). 40(2), 150-155.
- 84) Billiat, V. *Fisiología y metodología del entrenamiento. De la teoría a la práctica*. Barcelona, España: Paidotribo. (2002).
- 85) Chatard, J. Intérêts des mesures de fréquence cardiaque. *EPS*, (1998). 33-35.
- 86) Barbero J.C., G. J. Análisis de la frecuencia cardíaca durante la competición en jugadores profesionales de fútbol sala. *Apunts Educación Física y Deportes*, (2004). 71-78.
- 87) Hollann W., L. H. Zur höchst-und dauerleistungsfähigkeit der deutschen fusbball-sptzenspieler. *Deutsche Zeitschrift für Sportsmedizin*, (1981).32(5), 113-120.
- 88) White J.E., E. T. Pre-season fitness profiles of professional soccer players. En L. K. Reilly A., *Science and Football* (págs. 164-171). Londres: E & F.N. SPON. (1988).
- 89) J.A., C. Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, (2001). 41(4), 463-469.
- 90) Marins J.C., D. F. Empleo de ecuaciones para predecir la frecuencia cardíaca máxima en carrera para jóvenes deportistas. *Archivos de Medicina del Deporte*, XXIV (2007). (118), 112-120.
- 91) Robergs R., L. R. La sorprendente historia de la ecuación "F_{cmax}=220-edad". *Journal of Exercise Physiology*, (Mayo de 2002). 5(2), 11-19.
- 92) Lester M., S. I. The effect of age and atheltic training on the maximal heart rate during muscular exercise. *American Heart Journal*, (1968). 76(3), 370-376.
- 93) Blanco, A. Valoración de las cargas de entrenamiento en fútbol profesional. *El entrenador español*, (1997). 34-48.
- 94) Hopkins, W. Quantification of training in competitive sports. Methods and applications. *Sports Medicine*, (1991). 12(3), 161-183.
- 95) Karvonen J., V. T. Heart rate and exercise intensity during sports activities. Practical application. . *Sports Medicine*, (1988). 5(5), 303-311.

- 96) Masach. Análisis de las sesiones de una temporada de fútbol. *El Entrenador Español*, (1998). 77, 46-57.
- 97) Dal Monte A., G. C. Evaluación funcional del jugador de baloncesto y balonmano. *Apunts Medicina de L'Esport*, (1987). 243-252.
- 98) Weineck, E. *Fútbol total: el entrenamiento físico del futbolista*. Barcelona, España: Paidotribo. (1994).
- 99) Boudet, G. ., median maximal herat rate calibartion in different conditions:laboratory, field and competition. *International Journal of Sports Medicine*, (2002). 23(4), 290-297.
- 100) Peidro, R. B. Hallazgos cardiológicos y de capacidad física en futbolistas argentinos de alto rendimiento. *Revista Argentina de Cardiología*, (Agosto de 2004). 72(4), 263-269.
- 101) Astrand, P., & Rodahl, K. *Fisiología del trabajo físico. Bases fisiológicas del ejercicio*. Buenos Aires, Argentina: Médica Panamericana. (1986).
- 102) Köning, D. H. Cardiovascular metabolic and hormonal parameters in professional tennis players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, (2001). 33(4), 654-658.
- 103) González Alonso, J. Separate and combined influences of dehydration and hyperthermia on cardiovascular responses to exercise. *international Journal of Sports Medicine*, (1998). 111-114.
- 104) Gilman, M. The use of heart rate to monitor the intensity of endurance training. *Sports Medicine* (s.f.). (21), 73-79.
- 105) Chesler, R. M. Cardiovascular response to sudden strenuous exercise: an exercise echocardiographic study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, (1997). 29(10), 1299-1303.
- 106) Noguez Martínez, R. Análisis de las modificaciones de frecuencia cardíaca de futbolistas no profesonales durante la competición. *Training Futbol*, (1998). 42-46.
- 107) Bravo, M. S.-G. Estrés: desarrollo histórico. *Revista Interamericana de Psicología*, (1998). 21-40.
- 108) García Manso, J. *Alto Rendimiento. La adaptación y la excelencia deportiva*. Madrid, España: Gymnos. (1999).
- 109) Filaire, E. S. Psychophysiological stress in judo athletes during competitions. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, (2001). 41(2), 263-268.

- 110) Braga, A. V. Factores de estresse no futebol. *Revista Digital EF deportes*, 73. (2004).
- 111) Solomonko, V. Biotelemetry on the field (soccer). . *Soviet Sports Review*, (1979). 152-153.
- 112) Faina, M. M. .LA scienza e il controllo de ll allenamento. *Scuola dello sport*, (1992). 7-14.
- 113) López Calbet, J. G. Validez y fiabilidad del umbral de FC como índice de condición aeróbica. . *archivos de Medicina del Deporte*, (1995). 12(50), 435-444.
- 114) Alvarez, J. S., & E., G. M. Perfil cardiovascular en el futbol sala. Adaptaciones al esfuerzo. . *Archivos de Medicina del Deporte*, (2001). 143-148.
- 115) Zaragoza, J. baloncesto: conclusiones a partir del análisis de la actividad competitiva. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, (1996). 10(2), 21-27.
- 116) Poty, R. y. Valoración y control del trabajo aeróbico-anaeróbico del jugador de fútbol. *El Entrenador Español de Fútbol*, (1992). 38-51.
- 117) Blanco, A. E. Hockey sobre patines: niveles de frecuencia cardiaca y lactacidemia en competición y entrenamiento. *Apunts: Educación Física y Deporte*, (1994). 26-36.
- 118) Moras, G. &. Valoración de la intensidad del entrenamiento mediante la frecuencia cardíaca en el voleibol. *Apunts: Educación Física y Deportes*, (1999). 77-84.
- 119) González, & C., U. S. Un estudio sobre la respuesta cardíaca durante la competición de voleibol en el líbero y los centrales. *Apunts: Medicina de L'Esport*, (2001). 17-23.
- 120) Deroanne, R. P. Controle physiologique du ioueur de football en competition. *A.D.E.P.S. Sport*, (1971). 61-71.
- 121) Roi, G. P. frecuencia cardiaca ed allenamento nel gioco del calcio. *Scuola dello Sport*, (2000). 47-51.
- 122) Rohde, C. E. Work intensity during soccer training and match play. En A. L. Reilly, *Science and Football* (págs. 68-75). Londres, Inglaterra: F.N. SPON. (1988).

- 123) Dufour, W. Las técnicas de observación del comportamieto motor en el futbol: La observación tratada por ordenador. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, (1990). 4(4), 16-24.
- 124) Guyton, A. Fisiología del Ejercicio. En A. Guyton, *Tratado de Fisiología Médica* (págs. 1055-1065). Madrid, España: Mc-Graw-Hill. (2006).
- 125) Golomazov, S. S. Futebol. Preparacao Física. . *Lazer & Sport*. (1997).
- 126) Thompson, P. The cardiovascular complications of vigorous physical activity . *Arch Intern Med*, (1996). 2297-2302.
- 127) Castañeda López, J. Evaluación preparticipación deportiva general. En C. M. Cardiología, *Ejercicio, dieta y corazón* (págs. 129-137). D.F.: PyDesa. (2013).
- 128) Balady, G. Recommendation for cardiovascular screening, staffing, and emergency policies at health. *Circulation*, (1998). 30, 2283-2293.
- 129) Dal Monte, A. Exercise testing and ergometers. En D. A, & K. HG, *The olimpyng books of sports medicine*. Oxford, U.S.A.: Blackwell scientific publlications. (1988).
- 130) Wasserman, K., Hansen, J., Sue, B., & Whipp, R. *Principles of Exercise Testing and interpretation*. Philadelphia., USA: Lea & Febiger. (1994).
- 131) López de la Vega, C. Evaluación cardiovascular del atleta de alto rendimiento y corazón del atleta. En C. M. Cardiología, *Ejercicio, dieta y corazón* (págs. 175-198). D.F.: PyDesa. (2013).
- 132) Fletcher GF, B. G. Benefits and recomendations for physical activity programs for all Americans. *Circulation*.(1996). 857-866.
- 133) MH., E. Pruebas de esfuerzo: Bases y aplicación clínica. (1987).
- 134) Aros, F. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología. *Revista Española de Cardiología*, (Agosto de 2000). 53(8), 1-33.
- 135) González Gallego, J. *Fisiología de la actividad física y del deporte*. Barcelona, España: Mc. Graw Hill Interamericana . (1992).
- 136) Fletcher, GExercise standars. *Circulation*. . (2009).

- 137) Fernhall B, K. The effect of training specificity on maximal and submaximal physiological responses to treadmill and cycle ergometry. *J. Sports Med Phys Fitness*. (s.f.).
- 138) Pugh, L. Oxygen intake in track and treadmill running with observations on the effect of the air resistance. *Journal of Physiology* (1970). (207), 823-835.
- 139) Weber, K., & Janicki, J. Determination of aerobic capacity and the severity of chronic cardiac and circulatory failure. *Circulation.*, (2007). 23-35.
- 140) Potiron-Josse, M., Hubert, M., Ginet, J., & Suadeau, M. Etude téléétrique de la fréquence cardiaque chez le footballeur de haut-niveau lors de l'entraînement et lors de matches amicaux. *Médecine du Sport*, (1980). 54(5), 291-295.
- 141) Krümmelbein, U., Buhl, C., Cai, D., & Nowacki, P. Neue methode und ergebnisse der sportartspezifischen leistungsdiagnostik im fussball. *Deutscher ArzteVerlag*, (1989). 442-445.
- 142) De Araujo, C., & Liane Matos, V. Maximal heart rate in exercise tests on treadmill and in a cycloergometer of lower limbs. *Archivos Brasileiros de Cardiologia*, (2005). 85(1).
- 143) Bonaiuto M., Di Mauro D, Speciale F, Pagano F, Buda D, Vita G, Magaudda L, Trimarchi F. Evaluation of heart rate recovery in relation to playing position in professional soccer players. *Journal Sports Med Phys Fitness*. (2012). 52(6):583-8.

XIII. ANEXOS

ANEXO 1



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: _____
 Étnico: _____ 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: 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) _____



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

Ateraciones antes, durante o después de entrenamiento o competencia:

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

PADECIMIENTO ACTUAL

Lesión: Seguimiento Médico Deportivo: Valoración: Motivo de consulta: Predeportiva Morfológica
Deportiva Funcional

Table with 1 column and 10 rows for 'Semiología'.

EXPLORACIÓN FÍSICA

Table with 8 columns: Masa Corporal, Estatura, I.M.C., F.C., F.V., P.A., Temperatura °C, Grupo y Rh.

HÁBITO EXTERIOR

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

Table with 3 columns: Región anatómica, Normal, Describir si existe patología. Rows include Cabeza, Cara, Cuello, Tórax, Región precordial, C. pulmonares, Abdomen, Genitales, Tren superior, Tren inferior, Ortopédica, Columna.



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

GONIOMETRÍA

Articulación: _____

Table with columns for Movimiento, TM, Grados, G, and sub-columns for Derecho and Izquierdo. Rows include Flexión, Extensión, Abducción, Aducción, Rotación Interna, Rotación Externa, Pronación (Ever...), and Supinación (Inv...).

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

Odontograma:

ADULTO

Adult dental chart showing teeth 12-18 (lingual) and 11-14 (vestibular) with caries and obturation checkboxes.

Caries SI NO Obturados SI NO

PEDIÁTRICO

Pediatric dental chart showing teeth 51-54 (vestibular) and 62-65 (lingual) with caries and obturation checkboxes.

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

PROTOCOLO DE PUGH (inclinación 1%)						
ETAPA	TIEMPO (mins)	VELOCIDAD		VO ₂ MAX	DISTANCIA POR ETAPA (m)	DISTANCIA TOTAL (m)
		(km/hr)	(mph)			
I	3	4	2.5	10.63	200	200
II	6	6	3.7	17.94	300	500
III	9	8	5	25.25	400	900
IV	12	10	6.2	32.57	500	1400
V	15	12	7.5	39.88	600	2000
VI	18	14	8.7	47.19	700	2700
VII	21	16	10	54.5	800	3500
VIII	24	18	11.2	61.81	900	4400
IX	27	20	12.5	69.13	1000	5400
X	30	22	13.7	76.44	1100	6500

ANEXO 3



**Consentimiento Informado de
Evaluación Morfológica y/o funcional: 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

Yo:

Apellido Paterno

Apellido Materno

Nombre(s)

Declaro en forma libre y totalmente voluntaria que acepto ser evaluado morfológica y/o funcionalmente en el Centro de Medicina de la Actividad Física y el Deporte de la Universidad Autónoma del Estado de México, realizando las valoraciones de:

<input type="checkbox"/> Comp. Corporal:	<input type="checkbox"/> Agudeza Visual	<input type="checkbox"/> Evaluación Isocinética
<input type="checkbox"/> Por Bioimpedancia	<input type="checkbox"/> A. del Movimiento	<input type="checkbox"/> Potencia Anaeróbica
<input type="checkbox"/> Antropometría	<input type="checkbox"/> Audiometría	<input type="checkbox"/> Prueba de Esfuerzo
<input type="checkbox"/> Balance Energético	<input type="checkbox"/> Espirometría	<input type="checkbox"/> Consulta Nutricional
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Imágenes	<input type="checkbox"/> Consulta o test Psicológico
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Consulta Médica

Estoy consciente de que los Procedimientos, y Evaluaciones para lograr estos objetivos que se mencionaron consistirán en _____ pruebas con capacidades funcionales, _____ pruebas de composición corporal, y _____ entrevista(s) con el personal de salud, estando consciente de los riesgos que esto conlleva, y deslindo de responsabilidad a la institución y a su personal.

Es de mi conocimiento que seré libre de retirarme de esta evaluación en el momento que así lo desee, de igual forma puedo solicitar toda la información necesaria en relación a los riesgos y beneficios de mi evaluación. Así como el derecho a que la información sea confidencial y se mantenga fuera del alcance del personal no médico. Se velará por el bien de todas las personas; otorgando el permiso para que la información que de aquí resulte sea utilizada en estudios de investigación.

AUTORIZO: _____ **FECHA:** _____

Lugar: Toluca Otro, especifique: _____

Testigo: _____ **Testigo:** _____
Nombre y firma Nombre y firma

Nombre del personal de salud que informo: _____
Firma: _____ C.P. _____

ANEXO 4



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: _____
 Motivo de 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 _____

PREESFUERZO

F.C.	Ritmo	Eje a QRS	QRS	PR	QT	QTc	I.S.	Oximetría

Comentario: _____

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'	6'	9'	12'
F.C.					
T.A.					

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 VO₂ de ml/kg.

Clase funcional Tensión arterial máxima de: mmHg.

Doble producto:



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

CONCLUSIONES:

--

Plan:

Observaciones:

Médico responsable del estudio: Dr. Salvador López R.

Cedula profesional: 612086

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