

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE DEPORTES



EVALUACIÓN DEL VO_{2max} EN FUTBOLISTAS
PROFESIONALES DE PRIMERA DIVISIÓN

TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIADO EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE

PRESENTA:
NESTOR AGUAYO MURILLO

ENSENADA, B.C., MÉXICO

AGOSTO, 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE DEPORTES

LICENCIADO EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE

**“EVALUACIÓN DEL VO_{2max} EN FUTBOLISTAS PROFESIONALES DE
PRIMERA DIVISIÓN”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

LICENCIADO EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE

PRESENTA:

NESTOR AGUAYO MURILLO

Aprobada por:

M.C. IVÁN RENTERÍA
Director de tesis

DR. EVER ARENAS BERUMEN
Co-Director de tesis

MTRO. ESTEBAN HERNANDEZ ARMAS
Sinodal

LAFD. CARLOS VERDUGO BALBUENA
Sinodal

M.C. GABRIELA VALLES VERDUGO
Sinodal

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría comenzar agradeciendo primeramente a mis abuelos (a mi nana y a mi tata) por siempre estar ahí para mí, y nunca molestarse conmigo en las buenas y en las malas, apoyarme siempre en mis acciones y decisiones, y por tener siempre esa mirada cristalina en sus ojos de orgullo y amor hacia mí que me inspiraron siempre a seguir adelante.

Agradezco a mis padres por su amor y dedicación, por busca hacer de mi un hombre fuerte, autosuficiente, maduro e independiente que pudiese enfrentar las dificultades de la vida por más grandes que estas sean, el cual es capaz de elegir el hacer lo necesario por encima de lo deseado.

Agradezco a los maestros que fueron un impacto más notorio en mi formación como profesional y maduración a través de mi vida, que hicieron de mí el profesional que soy ahora, entre ellos al maestro: Samuel Ayón Fierro, Ezequiel Hernández, Fabricio Rivera L., Maestra Laura Sainz, El Dr. Ernesto Carrillo, El Maestro Ernesto Alonso González, Maestro Alfonso Parra, al Maestro Alejandro Amaya Juárez, al Maestro Carlos Verdugo, a la Maestra Gabriela Valles Verdugo y al Maestro Elías Torres Balcaza. Quienes formaron parte importante de mi formación.

Para hacer tres menciones honorificas de parte mía Seria:

Al Maestro Pedro Cesar Sida por enseñarme a ser apasionado con mi trabajo para ejercerlo con esfuerzo y dedicación en cada momento, me enseñó a sobre llevar mis problemas y como ser un gran líder.

Al Maestro Chiñas por depositar su confianza en mí y enseñarme que debemos de ser del 5% de las personas que desea avanzar y ser exitosas en la vida, que no se nace siéndolo sino que se locha por serlo y sobre todo por mantenerlo.

Y por último pero no menos importante al Maestro Iván Rentería, por ser uno de los maestro que me ha impulsado a dar pasos grandes en mi vida académica, que colaboro en mi desarrollo en ser de ese 5%, en mejorarme y ser el mejor. El mismo maestro que me impulso a irme de intercambio y confió en mí para hacer y presentar esta tesis en la cual escribo.

Quiero agradecer a mi amiga Corina González por siempre apoyarme y confiar en mí en los momentos más dudosos de mi Carrera y vida diaria en cuanto a decisiones.

Agradecer a todos mis amigos y amigas que a través de mi vida han formado mi personalidad y que me han impulsado a ser mejor dándome consejos prácticos sobre la vida. Que fueron mí y serán mi motivo de sonreír y de seguir esforzándome en la vida para alguna vez poder volver a verlos y convivir con ellos de nuevo. Al ser lo mejor de lo mejor, a mi ver no existe nadie mejor que ellos, realmente son irremplazables.

Por ultimo agradecer a mi Psicólogo Daniel, quien me demostró lo capaz que soy de hacer grandes cosas que yo podía lograr y que no estaba consciente de ello, y ayudándome a descubrir quién soy realmente.

El presente estudio fue realizado gracias al apoyo del Dr. José Moncada Jiménez
Director del Centro de Investigación en Ciencias del Movimiento Humano de la Universidad de
Costa Rica

RESUMEN:

El fútbol soccer es el deporte más popular del mundo y durante un partido de 90 minutos los jugadores de fútbol en un nivel profesional de la primera división en diferentes ligas a nivel mundial pueden recorrer una distancia entre los 8 a 12 kilómetros, a una intensidad de ejercicio máxima, esto, sin tomar en cuenta otras actividades que realiza el jugador. En el presente se tiene como objetivo el determinar el nivel de capacidad aerobia máxima en un grupo de jugadores profesionales de futbol, a partir de la medición del consumo de oxígeno y la frecuencia cardiaca máximos, utilizando una prueba de esfuerzo una en banda ergométrica. Se evaluaron 30 jugadores profesionales de futbol pertenecientes a la primera división de la Liga Profesional de Futbol de Costa, la determinación del consumo de oxígeno máximo (VO_{2max}) se realizó por un protocolo específico para futbolistas diseñado por investigadores del Centro de Investigación en Ciencias del Movimiento Humano. El valor promedio del VO_{2max} fue $53.8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, la prueba t-student para grupos independientes no reveló diferencias significativas en las variables de edad, peso, talla, IMC ni VO_{2max} entre quienes finalizaron la prueba en 14 min o menos y entre los que la finalizaron en 15 min o más. Se ha considerado que la valoración del VO_{2max} en jugadores de futbol puede conducir a una mejor comprensión de la relación entre la constitución física y el desempeño deportivo, pero es necesario resaltar que se debe de incorporar otro tipo de valoraciones funcionales como la determinación del umbral anaeróbico y la economía de carrera, las cuales en conjunción con la determinación del VO_{2max} podrían asegurar información más acertada sobre el estado funcional del atleta, e identificar sus características y concordancia con los

requerimientos del deporte, ya que para el fútbol dichos requerimientos implican una combinación de habilidades motoras gruesas y finas.

Palabras claves: Futbolistas profesionales, consumo de oxígeno máximo, evaluación, rendimiento deportivo.

INDICE GENERAL

Contenido

| | |
|--|----|
| Capítulo 1. Introducción..... | 1 |
| 1.2 Antecedentes..... | 10 |
| 1.3. Planteamiento del Problema..... | 12 |
| 1.4. Justificación..... | 13 |
| 1.5 Objetivos..... | 14 |
| Capítulo 2. Método..... | 15 |
| 2.1. Muestra..... | 16 |
| 2.2. Diseño de Investigación y Variables de Estudio..... | 17 |
| 2.3. Procedimiento..... | 18 |
| 2.3. Análisis Estadístico..... | 21 |
| Capítulo 3. Resultados..... | 22 |
| Capítulo 4. Discusión..... | 30 |
| Capítulo 5. Conclusiones..... | 34 |
| Capítulo 6. Bibliografía..... | 36 |
| Capítulo 7. Anexos..... | 40 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1. Porcentaje de jugadores que alcanzaron el VO_{2max} en función del tiempo de duración de la prueba (n = 30)..... | 25 |
| Gráfico 2. Resultados individuales en el VO_{2max} La media del grupo se presenta en una línea discontinua. (n = 30)..... | 26 |
| Gráfico 3. Valores del VO_{2max} en función del tiempo de finalización de la prueba. La línea discontinua representa el promedio grupal general. (n = 30).... | 27 |
| Gráfico 4. Valores promedio (\pm DE) del VO_{2max} en jugadores de fútbol profesional de Costa Rica (n = 30). $P < 0.05$ entre letras diferentes..... | 28 |
| Gráfico 5. Correlación entre el IMC y la edad en jugadores de fútbol profesional de Costa Rica (n = 30)..... | 29 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Estadística descriptiva de jugadores profesionales de fútbol de Costa Rica (n = 30)..... | 23 |
| Tabla 2. Estadística descriptiva de jugadores profesionales de fútbol de Costa Rica por posición en el campo de juego (n = 30)..... | 23 |
| Tabla 3. Comparación de entre los jugadores que alcanzaron su VO_{2max} en 14 minutos o menos y entre quienes lo alcanzaron en 15 minutos o más (n = 30)..... | 24 |
| Anexo. Tabla de frecuencia en que los jugadores de fútbol profesional de Costa Rica finalizaron la prueba de $VO_{2máx}$ | 41 |

Capítulo 1. Introducción

El fútbol soccer es el deporte más popular del mundo en la actualidad, ya que se puede practicar por hombres y mujeres, jóvenes, adultos y niños, a diferente intensidad y nivel de juego. Uno de los factores que hace que crezca la popularidad del fútbol en el ámbito mundial, es que no se necesita ser un atleta de alto rendimiento para practicarlo ya que se puede realizar como actividad recreativa o deportiva a diferentes niveles de competencia, según las capacidades físicas y técnico-tácticas de los practicantes, siendo estos factores los que dictarán el nivel de competitividad que puede llegar a desarrollar un jugador a lo largo de su carrera deportiva (Meneses & Avalos González, 2013).

Durante un partido de 90 minutos los jugadores de fútbol en un nivel “profesional elite” de la primera división en diferentes ligas a nivel mundial pueden recorrer una distancia entre los 8 a 12 kilómetros, a una intensidad de ejercicio próxima al umbral anaeróbico, esto, sin tomar en cuenta otras actividades que realiza el jugador como patear, saltar, barrerse, girar, cambiar de paso al correr, además de realizar un sinnúmero de contracciones musculares para mantener o quitar la posesión del balón a un adversario (Rienzi et al. 2000; Bangsbo, 1994; Bangsbo et al. 1991). Siendo los jugadores que ocupan la posición del medio campo los que recorren la mayor distancia, por otra parte, la intensidad del partido se reduce entre un 5 a 10% durante el segundo tiempo, por lo que en general los jugadores cubren menos terreno (Al-Hazzaa et al. 2001).

Un jugador de fútbol a nivel elite mundial, en promedio realiza un sprint cada 90 segundos, lo que representa del 1 – 11% de la distancia total recorrida por ese jugador en el transcurso de un partido, también efectúa de 1000 – 1400 actividades explosivas de corta duración, que consisten en carreras de alta intensidad cada 70 segundos, 15 barridas o tacleadas, 10 golpes con la cabeza al balón, 50 intentos de control de balón, cerca de 30 pases de balón, así como cambios de ritmo en la carrera para mantener el equilibrio y balance al momento de encarar a un jugador defensivo para esquivarlo, mantener la posesión del balón y tirar a gol. En cuanto a las posiciones de juego, los medio campistas y delanteros tienden a esprintar con mayor frecuencia que los defensas centrales y porteros, por otra parte, los defensas laterales y delanteros son los que realizan carreras de sprint de mayor distancia (Bloomfield et al. 2007; Bangsbo et al. 1991)

Debido a la duración de un partido, el fútbol es un deporte que depende en su gran mayoría del metabolismo aerobio para generar energía, la intensidad promedio de trabajo para un futbolista a un nivel elite, medida en porcentajes tomados de la frecuencia cardiaca (FC) máxima durante un partido de 90 minutos de duración es cercana al umbral anaeróbico (García-García, 2005). Sin embargo, no se ha podido medir de una manera exacta cual es la intensidad del esfuerzo físico que realiza un jugador durante un periodo de 90 minutos, o en cada tiempo de juego debido a que se presenta una pérdida substancial de información específica. Por lo que adquiere importancia valorar otros parámetros que reporten una alta sensibilidad al esfuerzo físico, como lo es el consumo de oxígeno (VO_2).

El VO_2 es un parámetro que mide la capacidad aerobia de un sujeto y se define como la cantidad de oxígeno que el organismo es capaz de absorber del medio ambiente en una unidad de tiempo. Su medición permite la cuantificación del metabolismo energético y del potencial atlético de un individuo (López-Chicharro & Fernández-Vaquero, 2006) ya que el oxígeno es el principal aceptor de electrones en la reducción de combustibles metabólicos para generar energía química en la forma de Adenosín Trifosfato (ATP) por el proceso de la fosforilación oxidativa. La reducción del oxígeno permite una mayor disposición de la energía libre por medio de transferencia de electrones en la mitocondria a nivel celular, este proceso causa que el metabolismo aerobio proporcione al menos cuatro veces más energía por molécula de glucosa oxidada, que cualquiera de las vías anaerobias más eficientes (Thannickal, 2008).

Al aumentar la intensidad del esfuerzo físico, el VO_2 aumenta proporcionalmente, sin embargo, durante una prueba de esfuerzo máximo se llega a un momento en donde a pesar de seguir incrementando la intensidad del esfuerzo, el comportamiento del VO_2 llega a una meseta o “Plateau”, esto significa que se ha llegado al nivel máximo y su comportamiento es el característico del consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_{2\text{max}}$). Para detectar esta meseta se mide la diferencia entre la cantidad en ml/min del valor alcanzado en el último y penúltimo estadio de trabajo, esa diferencia no deberá ser mayor a 150 ml/min para considerarse que el VO_2 ha llegado a su máximo nivel (Casajus et al. 2009).

El VO_2 puede ser valorado por mediciones directas e indirectas. Las primeras se realizan a través de analizadores de gases computarizados, que determinan la diferencia de oxígeno (O_2) entre el aire ambiental y el aire espirado de los sujetos evaluados. Las segundas determinan el VO_2 mediante la aplicación de pruebas de campo y ecuaciones de predicción donde se evalúan variables como la frecuencia cardiaca (FC), la velocidad de carrera y la distancia recorrida en un tiempo determinado, entre otros (Branson, 1990).

Los analizadores de gases computarizados, previamente tuvieron que demostrar su validez y confiabilidad tomando al método de la bolsa de Douglas como el estándar de oro. Este método consistía en recolectar dentro de una bolsa de plástico de volumen conocido, el aire espirado de un sujeto durante una prueba de esfuerzo físico en un tiempo determinado. El contenido de la bolsa se filtraba a través de aparatos que especificaban el volumen y contenido de los gases recolectados, determinándose el VO_2 y la producción de dióxido de carbono a través de una ecuación de predicción (Raurich & Ibáñez, 2007; Vehrs et al. 2007).

Los analizadores de gases son aparatos que miden el VO_2 a partir de la diferencia entre el aire ambiental y el espirado, utilizando sistemas de circuito abierto. Las técnicas que emplea este sistema son las de respiración por respiración (breath-by-breath) y cámara mezcladora (Branson, 1990). Este tipo de instrumentos realiza dos tipos de calibración, una externa con la ayuda de una jeringa de volumen conocido (3 litros) por donde pasa el aire para que el sensor mida tanto volúmenes grandes como pequeños y una calibración interna con uno o dos cilindros que contienen concentraciones de gases estándar, por lo general el primero tiene una mezcla del 16% de O_2 , 4% CO_2 y balance de nitrógeno y el segundo con 26% de O_2 y balance de nitrógeno. El aparato realiza una calibración con el aire ambiental ajustando a una concentración de 20.94% de O_2 y 0.05% de CO_2 (Bader et al, 2005).

Para realizar pruebas de esfuerzo físico, los ergómetros de banda sin fin son las máquinas más utilizadas en los laboratorios para que los sujetos realicen un esfuerzo físico máximo o submáximo susceptible de medirse (Wilmore & Costill, 2007). Considerándose la mejor opción para evaluar el rendimiento físico o la capacidad aerobia de los sujetos, debido a que cuentan con sistemas de control de las variables relacionadas con la intensidad del esfuerzo como son la velocidad e inclinación durante una caminata o carrera cuesta arriba (Fox et al. 1993). La banda ergométrica deberá contar con dimensiones adecuadas en anchura y longitud para valorar el esfuerzo físico en los sujetos por lo que este artefacto otorga grandes ventajas, como lo es la gran facilidad de adaptación de las personas para caminar o correr sobre ella.

De acuerdo al nivel de esfuerzo, las pruebas físicas se clasifican en máximas y submáximas y se caracterizan por la ejecución de ejercicio continuo, donde exista una carga de trabajo incremental. Las pruebas de esfuerzo máximo se realizan con mayor frecuencia para determinar la capacidad aerobia en atletas y su principal objetivo es llevar al sujeto a su máxima capacidad motivándolo a esforzarse hasta llegar a la fatiga, o hasta cubrir una cantidad mínima de parámetros fisiológicos utilizados como criterios para determinar que la prueba fue de esfuerzo máximo (Lear et al., 1999).

Casajús et al. 2009 señalan cuatro parámetros fisiológicos para considerar si el esfuerzo es máximo o submáximo, estos son: 1. Que el valor del VO_2 alcanzado en el último y penúltimo estadíos de la prueba no presenten una diferencia mayor a 150 ml/min, 2. El nivel de la FC sea mayor al 95% de su valor máximo, 3. La tasa de intercambio

respiratorio (TIR) sea igual o mayor a 1.10 y 4. Que la producción de lactato (L) presente un nivel de concentración en el torrente sanguíneo igual o mayor a 4mmol/L. Sin embargo, estos autores reportan que no es muy usual que se considere utilizar todos estos parámetros en protocolos de investigación, ya que la mayoría de los estudios se basan solo en dos o tres de estos cuatro parámetros para considerar una prueba como máxima.

Para obtener buenos resultados en una prueba de esfuerzo, se debe utilizar un protocolo adecuado a la población que se va a evaluar, por lo que existen diversos protocolos para banda sinfín, siendo el más popular el de Bruce, este un protocolo de velocidad e inclinación variables, pero una desventaja es que se presentan grandes incrementos en las cargas de trabajo, lo que provoca que la estimación del VO_{2max} sea menos exacta, ya que algunos sujetos se ven forzados a suspender la prueba por dificultades musculares (Fletcher et al. 1990). Es evidente que, por las características específicas del fútbol, no existe un protocolo específico en futbolistas (Kemi, Hoff, Engen, Helgerud, & Wisloff, 2003). Por lo que para este estudio se utilizó un protocolo de inclinación consistió en incrementar cada dos minutos la inclinación de la banda y la velocidad.

Las demandas fisiológicas y físicas de los jugadores de futbol, son específicas de acuerdo al nivel de competición en que se encuentran, sin embargo estas características también dependen en gran medida de la posición en que se desempeñe un jugador y el estilo de juego del equipo. Por lo que se dificulta el describir un perfil fisiológico predeterminado en este deporte, ya que al compararse con deportes que se practican de manera individual, los aspectos fisiológicos y morfológicos están delimitados con mayor precisión (Rodríguez y Echevoyen, 2005).

Las pruebas de laboratorio pueden proveer indicadores útiles para obtener parámetros sobre el nivel de acondicionamiento físico general que puede llegar a desarrollar un jugador de futbol, una desventaja es que no pueden ser utilizadas sistemáticamente durante la temporada debido a que toma mucho tiempo estar realizando una prueba por cada jugador, por lo que generalmente son llevadas a cabo al inicio y al final de la pretemporada para ir monitorizando los cambios del jugador en su acondicionamiento y hacer una mejor prescripción de su entrenamiento general y específico. Un punto muy importante es que los resultados individuales de las pruebas de laboratorio no pueden ser utilizados para predecir el desempeño del atleta al momento que llegue su “hora de juego” (Álvarez, Martínez, y López 2009; Stolen et al., 2005).

1.2 Antecedentes

Tønnessen et al. (2012) señalan en su estudio longitudinal sobre futbolistas profesionales noruegos, que no existen diferencias significativas en los valores de consumo de oxígeno máximo entre jugadores a nivel de selección nacional y los de primera y segunda división, incluso al compararlos con los jugadores a nivel juvenil, no hubo modificaciones en dicha variable. Sin embargo al comparar los jugadores por posición de juego, los mediocampistas fueron los que reportaron los valores más elevados de VO_{2max} respecto a los defensas, delanteros y porteros. Por otra parte, los jugadores de 18 años presentaron mayores valores de VO_2 respecto a los de 23 y 26 años. Por último, los autores reportaron que los jugadores presentaron los menores de consumo máximo de oxígeno cuando se encontraban fuera de temporada.

Bangsbo & Michalsik (2002) reportaron que en jugadores de fútbol élite, el VO_{2max} varía entre 50 – 75 ml/kg/min para los jugadores de campo, mientras que para los porteros es de 50 – 55 ml/kg/min. Al realizar una comparación con datos históricos de equipos profesionales a nivel mundial, los equipos profesionales de esta nueva década que tienen un alto desempeño en el ámbito mundial, han ido incrementando la capacidad aerobia de sus jugadores respecto a los resultados obtenidos en la década de los años 80's, reportando que debido a los nuevos sistemas de juego, donde se enfoca más hacia aspectos ofensivos pudiera ser una variable que intervenga en el incremento de la capacidad aerobia.

En el año 2008 se evaluó el consumo máximo de oxígeno por método directo a una muestra de 219 jugadores profesionales de fútbol de la liga profesional de Costa Rica durante la pretemporada (Ureña & Cabrera, 2009) reportándose no encontrar diferencias significativas entre los jugadores de acuerdo a la posición de juego, además de que los valores de VO_{2max} presentados por los jugadores fueron similares a los presentados por jugadores del mismo nivel de competencia de otras ligas profesionales de fútbol.

En España (Piqueras, Malavés, & López, 2010) en un estudio longitudinal sobre el consumo de oxígeno en jugadores jóvenes de fútbol, destacaron que este parámetro de desempeño físico no presenta diferencias significativas durante el periodo de edad de los 15 a 18 años, pudiendo influir la economía de carrera como una variable moderadora para que el VO_{2max} no se modifique significativamente en los jugadores de fútbol durante la etapas subsiguientes de su vida deportiva.

1.3. Planteamiento del Problema

En el deporte universitario representativo de la Universidad Autónoma de Baja California, adquiere gran importancia la determinación de parámetros relacionados con el desempeño físico de los practicantes para conocer con una mayor precisión la capacidad y carga de trabajo al realizar un esfuerzo máximo durante una competencia. Uno de estos parámetros que determina de manera válida y confiable la capacidad y carga de trabajo durante un esfuerzo máximo es el consumo de oxígeno máximo (VO_{2max}), sin embargo esta variable presenta diversas limitaciones fisiológicas debido a la estructura interna del organismo (anatómico, tamaño corporal, pulmones, corazón), factores externos (entrenamiento, protocolo de ejercicio) y componentes bioquímicos que influyen en la capacidad aeróbica (sangre y sus componentes), genética. En el caso de los futbolistas profesionales, la valoración del VO_{2max} adquiere importancia para establecer los ciclos de entrenamientos de los jugadores, así como determinar la magnitud y ritmo de cambio generados por un programa de entrenamiento determinado. Por otra parte, el VO_{2max} puede ayudar a los entrenadores de fútbol profesional a establecer el ritmo y el patrón o estrategia de juego a utilizar en un equipo de acuerdo al desempeño físico de sus jugadores.

1.4. Justificación

Conocer la capacidad cardiorrespiratoria de jugadores profesionales de futbol y compararla con los resultados de jugadores a nivel universitario, es de gran utilidad para la investigación en el desempeño físico que se genera en la Facultad de Deportes de la Universidad Autónoma de Baja California, ya que los datos generados pretenden explicar cuando un jugador que posea ciertas características y habilidades físicas puede desarrollar niveles de entrenamiento y competitividad muy elevados. La determinación de la VO_{2max} brinda una descripción del atleta en cuanto a su nivel de esfuerzo máximo por lo que esos datos, pueden servir como una guía para implementar los sistemas de entrenamiento tomando en cuenta las fortalezas y debilidades que presenta el individuo, también, puede ser de gran utilidad en el proceso de identificación de talento, algo que en nuestro país y el estado de Baja California no es muy común entre los buscadores de talento debido a que no se dedican a trabajar de una manera sistemática en este largo proceso de desarrollo de planes de trabajo para que los jugadores en las distintas edades lleven planes de entrenamiento de nivel profesional y se logre un desarrollo más armonioso de las habilidades para desarrollar el deporte a niveles y estándares de juego más elevados conforme vaya progresando el atleta.

1.5 Objetivos

Objetivo general

Valorar el perfil cardiorrespiratorio (VO_{2max}) a través del método directo en jugadores de fútbol profesionales de primera división y comparar el VO_{2max} según el tiempo en que finalizaron la prueba.

Objetivos Específicos

1. Determinar el nivel de capacidad aerobia máxima en un grupo de jugadores profesionales de futbol, a partir de la medición del consumo de oxígeno y la frecuencia cardiaca máximos, utilizando una prueba de esfuerzo una en banda ergométrica.
2. Determinar si existen diferencias significativas en los valores de VO_{2max} de acuerdo al tiempo de duración de la prueba.

Capítulo 2. Método

2.1. Muestra

De un estudio con 200 futbolistas profesionales pertenecientes a clubes de primera división de la Liga de Fútbol Profesional de Costa Rica, que fueron sometidos a un protocolo de ejercicio gradual máximo diseñado específicamente para evaluar futbolistas durante la pretemporada 2008 - 2010 por investigadores del Centro de Investigación en Ciencias del Movimiento Humano (CIMOHU) de la Universidad de Costa Rica. Se seleccionó aleatoriamente en el año 2015 los resultados de 30 sujetos para efectos del presente estudio. A todos los participantes en el estudio se les aplicó una evaluación de su historial de salud siguiendo los lineamientos de la American College of Sports Medicine (ACSM) para descartar algún riesgo de salud. De igual forma se les realizó un ecocardiograma para descartar enfermedades cardiovasculares debido a que el protocolo de ejercicio fue diseñado para llevarlos a la maximidad.

2.2. Diseño de Investigación y Variables de Estudio

El presente es un estudio descriptivo y comparativo entre un grupo de sujetos. Los sujetos realizaron una prueba de esfuerzo máximo en una en banda sinfín donde se determinó la FC, el VO_{2max} y tiempo de finalización de la prueba para compararlos entre el grupo. La investigación inició con una evaluación del historial médico y aplicación de ecocardiograma para luego continuar con las mediciones de la capacidad aerobia máxima donde de forma incidental los sujetos fueron citados para realizar la prueba en banda. Las variables de estudio fueron las siguientes.

- Consumo de Oxígeno Máximo (VO_{2max})
- Tiempo en que finalizaron la prueba (min)

2.3. Procedimiento

Para reclutar al grupo de futbolistas, el CIMOHU llevó a cabo una reunión con directivos de la Liga Profesional de Fútbol de Costa Rica para realizar un acuerdo de colaboración en el que se estipuló que se valoraría a los jugadores en las instalaciones del Centro de Investigación.

Prueba en Banda Ergométrica

Para la prueba ergométrica se programó a los sujetos de tal manera que al momento de presentarse a la prueba llegaran en las siguientes condiciones: que tuvieran un descanso reparador de entre 8 y 10 horas, que asistieran con short, playera y tenis para correr, con un ayuno no menor de 2 horas ni mayor a 4, que no consumieran bebidas alcohólicas, café u otras que contengan cafeína y que no fumarán el día de la prueba, por último, que no realizarán ninguna actividad extenuante 24 horas previas a la prueba (Vehrs et al. 2007).

En el momento que llegaron al laboratorio se les explicó en qué consistía el protocolo, como debían subirse y bajarse de la banda ergométrica, que la prueba era máxima por lo que debían llegar hasta el agotamiento (Vehrs et al. 2007). Se les midió el peso corporal en una báscula electrónica (Tanita), la estatura de pie (estadímetro Seca) y los signos vitales en reposo de forma manual, como la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria y la tensión arterial, para ingresarlos a la hoja de datos del carro metabólico Quak B2 marca Cosmed (Italia). Se les practicó un electrocardiograma en reposo de 12 derivaciones, el cual fue revisado para descartar alguna anomalía cardíaca que pudiera impedir la realización de la prueba (MacKay-Lyons et al 2001).

Se utilizó un protocolo específico para futbolistas diseñado por investigadores del CIMOHU, el cual era de velocidad variable, donde la velocidad inicial fue de 6km/hr. La pendiente fue variable, iniciando a una inclinación de 0%, que fue aumentando cada dos etapas de 2 minutos en 1% como se describe a continuación:

1ra Etapa de 3 minutos 0% inclinación a 6km/hr.

2da Etapa de 2 minutos a 0% inclinación a 11km/hr.

3ra Etapa de 2 minutos a 2% inclinación a 11km/hr.

4ta Etapa de 2 minutos a 3% inclinación a 11 km/hr.

5ta Etapa de 2 minutos a 3% inclinación a 13 km/hr.

6ta Etapa de 2 minutos a 4% inclinación a 13 km/hr.

7ma Etapa de 2 minutos a 4% inclinación a 13km/hr.

8va Etapa de 2 minutos a 4% inclinación a 15 km/hr.

Se permitió una primera fase de calentamiento para que el sujeto se familiarizara con la banda; aquí se estableció la velocidad a la que correría una vez iniciada la prueba. Al finalizar la prueba, se disminuyó la velocidad y la inclinación para la recuperación hasta lograr que la FC retornara a sus valores de reposo o no mayor a 100 lat/min

La prueba se dio por terminada de acuerdo a los siguientes criterios:

- Primero cuando el sujeto señalaba que no quería continuar con el test.
- Segundo que el VO_2 se mantuviera igual entre un cambio de etapa o no incrementaba 2 ml/kg/min.
- Tercero que la Tasa de intercambio respiratorio fuera igual o mayor a 1.10
- Cuarto cuando la FC pasara del 100% de la predicha para su edad.

Durante la etapa de la prueba ergométrica se determinó el $\text{VO}_{2\text{max}}$ en forma directa por un analizador de gases Quak B2 marca Cosmed (Italia) se calibró con gases certificados antes de realizar cada prueba. La banda ergométrica fue la T-150 marca Cosmed con interface conectado al analizador de gases para llevar a cabo el protocolo, la FC fue evaluada por un monitor telemétrico (Polar S610i). Se obtuvo la tasa de intercambio respiratorio (TIR) reflejado como el resultante de VCO_2/VO_2 . Ningún futbolista se reportó sentirse mal o sufrió alguna lesión durante la aplicación del test.

2.3. Análisis Estadístico

El análisis estadístico se realizó con el programa estadístico SPSS, versión 20, utilizando un nivel de significancia de $p < 0.05$. Se obtuvo la media (M) y desviación estándar (\pm DE) como estadística descriptiva para las variables edad, talla, peso, IMC, y VO_{2max} . Se utilizó una prueba t-student para grupos independientes para comparar la media en cada variable dependiendo del tiempo de duración para alcanzar el VO_{2max} , y se calculó una prueba de correlación de Pearson entre las variables dependientes del estudio.

Capítulo 3. Resultados

En el estudio se incluyeron datos de 30 jugadores de fútbol de la liga profesional de Costa Rica. La estadística descriptiva de la muestra se observa en la tabla 1.

Tabla 1. Estadística descriptiva de jugadores profesionales de fútbol de Costa Rica (n = 30).

| Variable | Media | ± DE | Mínimo | Máximo |
|---|--------------|-------------|---------------|---------------|
| Edad (años) | 24.3 | 3.7 | 19.0 | 34.0 |
| Estatura (cm) | 175.7 | 5.8 | 163.0 | 184.0 |
| Peso (kg) | 71.4 | 5.9 | 61.1 | 83.0 |
| IMC (kg/m ²) | 23.1 | 1.2 | 20.8 | 25.3 |
| VO ₂ máx (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹) | 53.8 | 5.4 | 41.8 | 63.1 |

En la tabla 2 se muestra la estadística descriptiva por posición de los jugadores en el campo de juego.

Tabla 2. Estadística descriptiva de jugadores profesionales de fútbol de Costa Rica por posición en el campo de juego (n = 30).

| Variable | Posición en el campo de juego | | | |
|---|--------------------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| | Porteros (n = 2) | Defensas (n = 12) | Medios (n = 8) | Delanteros (n = 8) |
| Edad (años) | 25.0 ± 4.2 | 23.5 ± 3.8 | 25.1 ± 3.3 | 24.4 ± 4.4 |
| Talla (cm) | 179.0 ± 1.4 | 175.4 ± 6.8 | 177.4 ± 4.4 | 173.3 ± 5.8 |
| Peso (kg) | 73.0 ± 4.2 | 71.4 ± 7.0 | 71.7 ± 5.2 | 70.7 ± 5.9 |
| IMC (kg/m ²) | 22.8 ± 1.0 | 23.2 ± 1.2 | 22.8 ± 1.1 | 23.5 ± 1.5 |
| VO ₂ máx (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹) | 49.9 ± 4.9 | 53.4 ± 7.0 | 54.1 ± 3.1 | 55.4 ± 4.4 |

La prueba t-student para grupos independientes no reveló diferencias significativas en las variables de edad, peso, talla, IMC ni VO_{2max} entre quienes finalizaron la prueba en 14 min o menos y entre los que la finalizaron en 15 min o más (Tabla 3).

Tabla 3. Comparación de entre los jugadores que alcanzaron su VO_{2max} en 14 minutos o menos y entre quienes lo alcanzaron en 15 minutos o más (n = 30).

| Variable | Tiempo de finalización de la prueba de | | p ≤ |
|---|--|--------------|-------|
| | VO_{2max} | | |
| | ≤ 14 minutos | ≥ 15 minutos | |
| VO_{2max} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹) | 52.9 ± 5.8 | 54.6 ± 5.0 | 0.403 |
| Edad (años) | 24.1 ± 4.4 | 24.4 ± 3.1 | 0.793 |
| Talla (cm) | 177.4 ± 5.6 | 174.2 ± 5.8 | 0.135 |
| Peso (kg) | 72.7 ± 6.1 | 70.4 ± 5.7 | 0.287 |
| IMC (kg/m ²) | 23.1 ± 1.3 | 23.2 ± 1.2 | 0.847 |

En el gráfico 1 se observa el tiempo que requirieron los jugadores para lograr alcanzar su VO_{2max} durante la prueba incremental de ejercicio. El mayor porcentaje de jugadores (23.3%) requirieron 17 minutos para alanzar su VO_{2max} , aunque desde los 8 minutos ya un jugador lo había alcanzado.

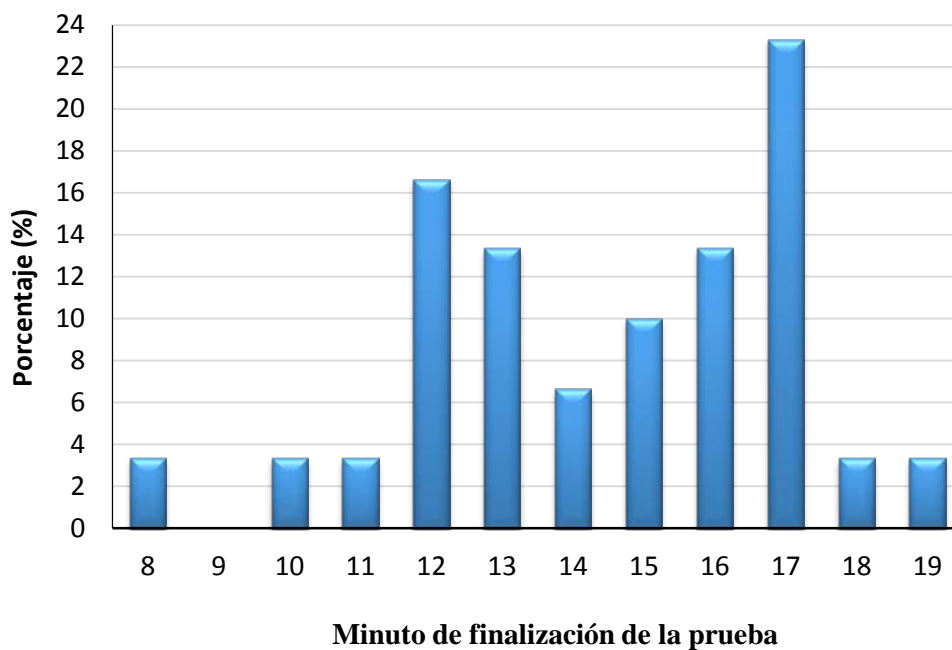


Gráfico 1. Porcentaje de jugadores que alcanzaron el VO_{2max} en función del tiempo de duración de la prueba (n = 30).

En el gráfico 2 se observan los valores del VO_2 , minuto a minuto durante la prueba gradual de ejercicio, de cada participante. También se muestra la media grupal en línea más gruesa y discontinua.

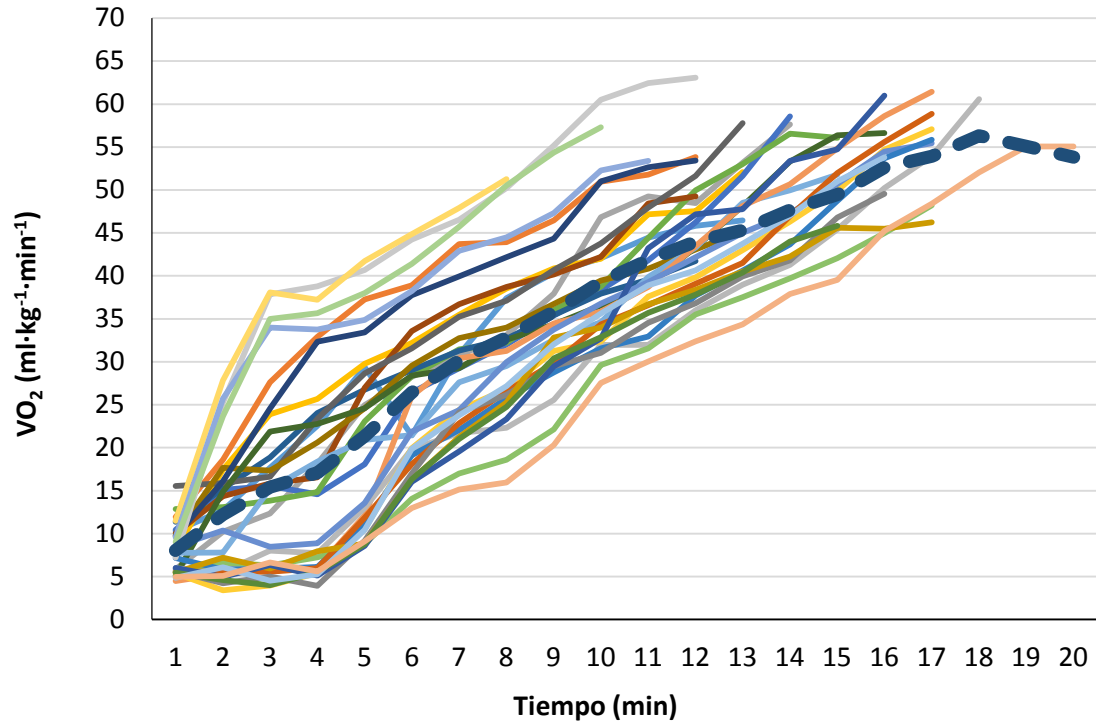


Gráfico 2. Resultados individuales en el VO_2 max. La media del grupo se presenta en una línea discontinua. (n = 30).

En el gráfico 3 se aprecia la media de valores, minuto a minuto, entre los jugadores que requirieron ≤ 14 minutos y ≥ 15 minutos para alcanzar su VO_{2max} , así como la media de todos los jugadores (en línea de puntos).

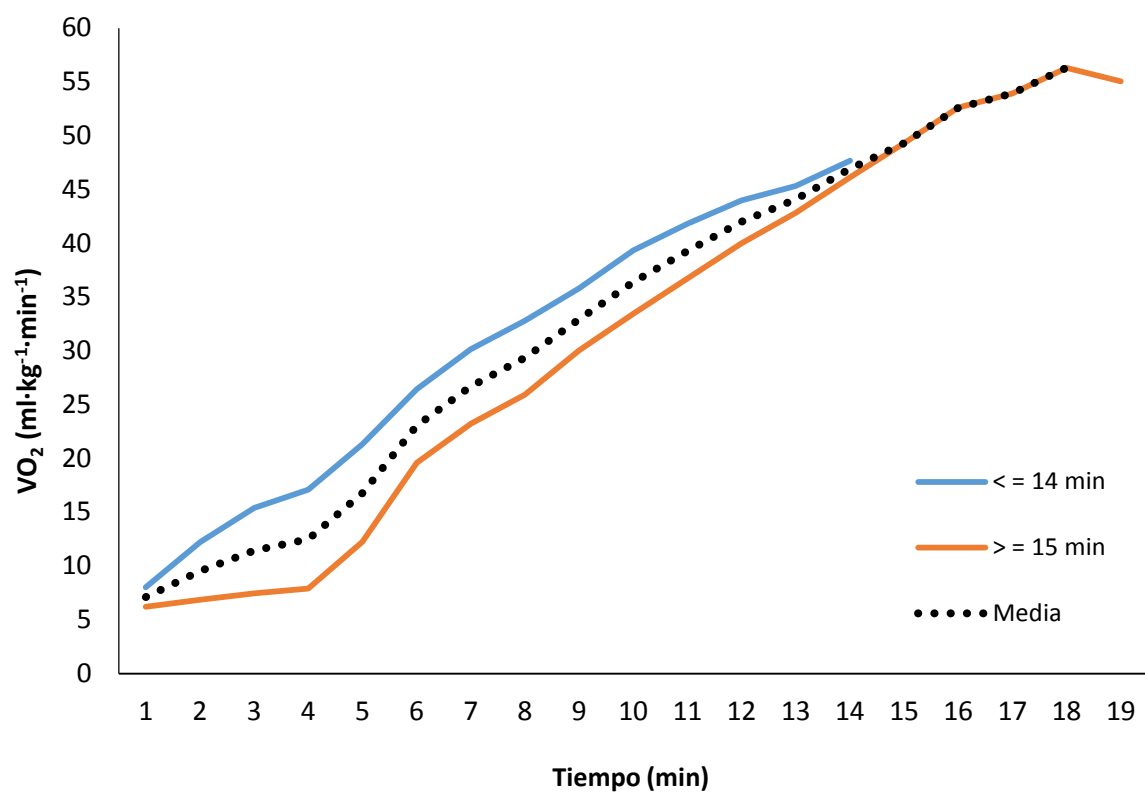


Gráfico 3. Valores del VO_{2max} en función del tiempo de finalización de la prueba. La línea discontinua representa el promedio grupal general. (n = 30).

En el gráfico 4 se muestra la media grupal de todos los jugadores y las diferencias estadísticamente significativas entre cada minuto de la prueba gradual de ejercicio máximo.

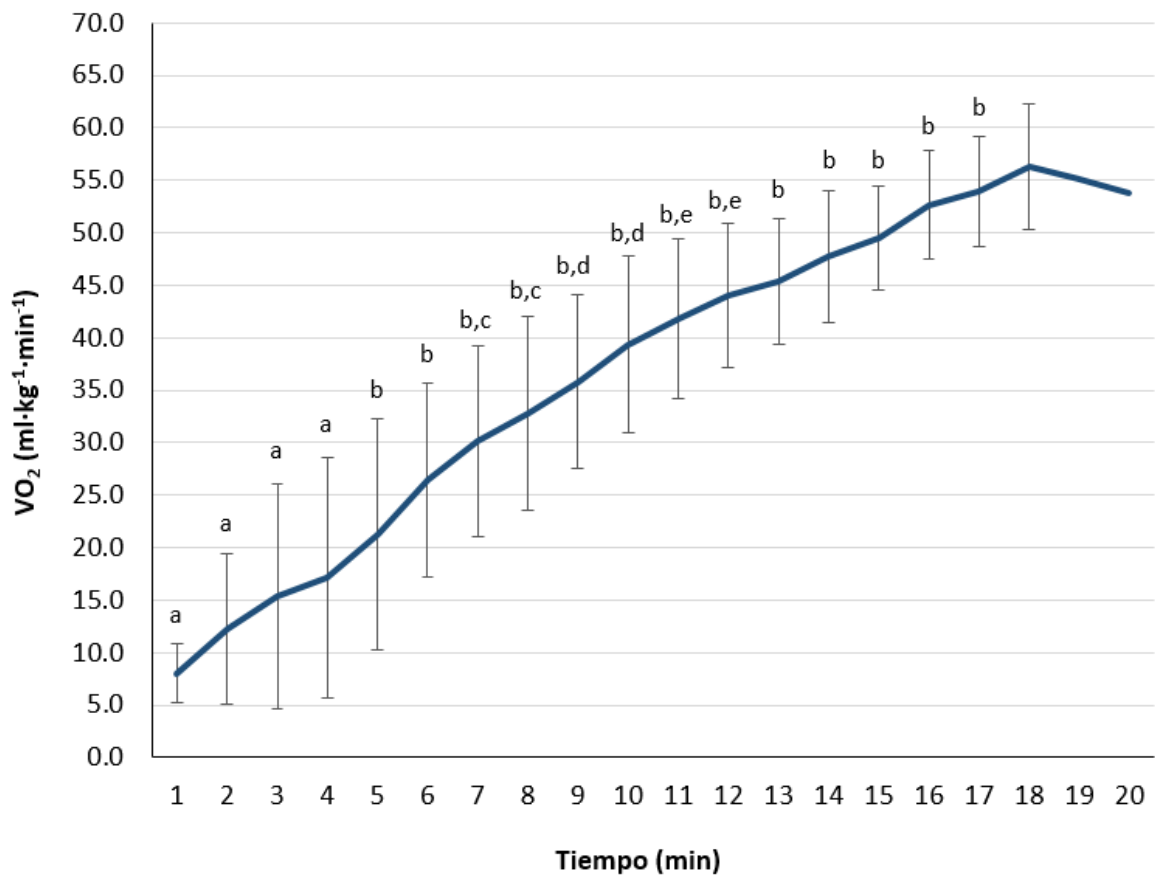


Gráfico 4. Valores promedio (\pm DE) del VO_2 máx en jugadores de fútbol profesional de Costa Rica (n = 30). P < 0.05 entre letras diferentes.

Finalmente, en el gráfico 5 se muestra la correlación significativa entre el IMC y la edad en los jugadores.

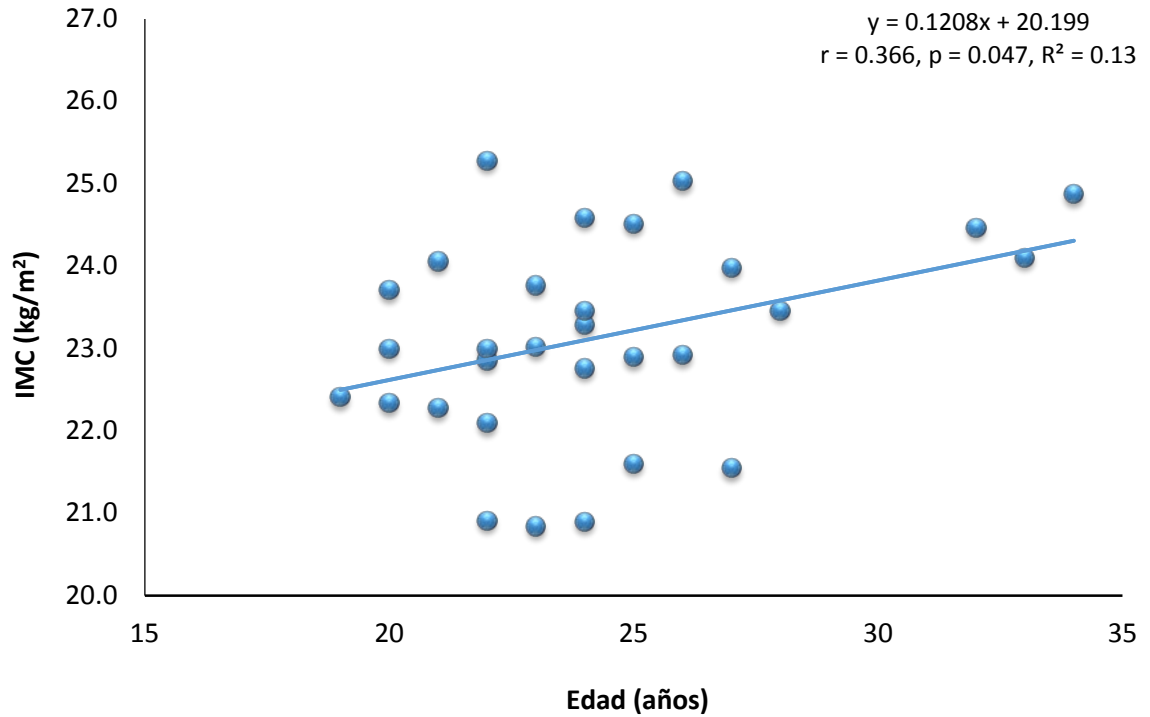


Gráfico 5. Correlación entre el IMC y la edad en jugadores de fútbol profesional de Costa Rica (n = 30).

Capítulo 4. Discusión

El principal resultado de este estudio fue que en jugadores profesionales de fútbol no influye el tiempo que tardan en alcanzar sus niveles máximos de consumo de oxígeno al no presentarse diferencias significativas entre jugadores que llegaron a su esfuerzo máximo antes de 14 minutos o después de 15 minutos. Una posible razón del porque no se haya presentado diferencias significativas en los valores del VO_{2max} de jugadores puede ser atribuida a una falta de consistencia o uniformidad del protocolo de la prueba para evaluar el consumo de oxígeno máximo, así como la etapa de la temporada en la que fueron evaluados.

Los valores encontrados de VO_{2max} fueron menores a los reportados por Tønnessen *et al.* (2012) en jugadores profesionales pertenecientes a diferentes niveles de competición de la liga profesional de Noruega, pudiendo ser esto atribuido a marcadas diferencias en las características físicas y fisiológicas de los jugadores latinoamericanos respecto a los europeos, ya que los resultados del VO_{2max} de los sujetos de este estudio fueron similares a los reportados en jugadores profesionales brasileños (Da Silva, Bloomfield, & Marins, 2008) y costarricenses (Ureña & Cabrera, 2009).

De igual forma, en este trabajo no se encontraron diferencias en los valores de VO_{2max} entre los porteros y los demás jugadores. Es probable que estas diferencias se encuentren marcadas en la literatura (Reilly, Bangsbo, & Franks, 2000; Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005) debido al mayor número de sujetos incluidos en los estudios, mientras que en el presente trabajo el tamaño de muestra es considerablemente menor. Otro aspecto destacable que pudiera influir en que no se haya presentado diferencias en los valores del VO_{2max} por posición de juego, es que en los países latinoamericanos la detección de jugadores de fútbol se enfoca más hacia aspectos técnicos y no tanto en aspectos antropométricos y fisiológicos como en los países europeos (Da Silva et al., 2008).

Stølen et al. (2005) señalaron que es importante reconocer que los valores del VO_{2max} no son el único predictor del rendimiento aerobio los jugadores de fútbol, ya que también depende de otros elementos importantes como el umbral anaeróbico y la economía de carrera por mencionar algunos, ya que el fútbol soccer implica un patrón de ejercicio interválico e intermitente que envuelve ambos sistemas energéticos al momento en que los jugadores realizan diferentes patrones de movimiento.

Al observar la media grupal de todos los jugadores y las diferencias estadísticamente significativas entre cada minuto de la prueba gradual de ejercicio máximo, se observa que los valores encontrados de VO_{2max} fueron diferentes a partir del minuto 8 y hasta el 13, pudiendo este fenómeno explicar el por qué no se encontraron diferencias significativas en los jugadores evaluados al establecer como punto de corte en el análisis estadístico el minuto 14 de la prueba.

Capítulo 5. Conclusiones

Se ha considerado que la valoración del perfil cardiorrespiratorio en los jugadores de fútbol puede conducir a una mejor comprensión de la relación entre la constitución física y el desempeño, pero es necesario resaltar que se debe de incorporar otro tipo de valoraciones funcionales como la determinación del umbral anaeróbico y la economía de carrea, las cuales en conjunción con la determinación del VO_{2max} podrían asegurar la información más acertada sobre el estado funcional del atleta, e identificar sus características y concordancia con los requerimientos del deporte, ya que para el fútbol dichos requerimientos implican una combinación de habilidades motoras gruesas y finas.

Por otra parte, se percibe que la capacidad física en los jugadores de fútbol soccer influye en su desempeño técnico y sus decisiones tácticas, así como también en la frecuencia en que le pueden ocurrir lesiones. Por lo que la toma de decisiones sobre la información presentada en este estudio puede ser útil para los jugadores y entrenadores en la búsqueda de la especificidad de su entrenamiento. Considerándose todos los avances que da un alto nivel de preparación física en los atletas, es de gran importancia para el entrenador y preparador físico enfocar los procesos de evaluación del rendimiento físico en determinar la magnitud y ritmo de cambio generados por un programa de entrenamiento determinado.

Capítulo 6. Bibliografía

- Al-Hazzaa, H., Al-Muzaini, K., Al-Refae, S., Sulaiman, M., Dafterdar, M., Al-Ghamedi, A., & Al-Khuraiji, K. (2001). Aerobic and anaerobic power characteristics of Saudi elite soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*.
- Álvarez, J. R., Martínez, J. S., & Silvarrey, F. J. L. (2009). Test de laboratorio versus test de campo en la valoración del futbolista. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*(35), 6.
- Bader, N., Bosy-Westphal, A., & Dilba, B. M., M. J. . (2005). Intra- and interindividual variability of resting energy expenditure in healthy male subjects biological and methodological variability of resting energy expenditure. *British Journal of Nutrition* 94, 843-849.
- Bangsbo, J., & Michalsik, L. (2002). Assessment of the physiological capacity of elite soccer players. *Science and football IV*, 53-62.
- Bangsbo, J. (2004). *Fitness training in soccer: a scientific approach*: Reedswain Inc.
- Bangsbo, J., Nørregaard, L., & Thorsoe, F. (1991). Activity profile of competition soccer. *Canadian journal of sport sciences= Journal canadien des sciences du sport*, 16(2), 110-116.
- Bloomfield, J., Polman, R., & O'Donoghue, P. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of sports science & medicine*, 6(1), 63.
- Branson, R. D., & Johannigman, J. A. (2004). The measurement of energy expenditure. *Nutrition in Clinical Practice*, 19(6), 622-636.
- Casajús, J., Piedrafita, E., & Aragonés, M. (2009). CRITERIOS DE MAXIMALIDAD EN PRUEBAS DE ESFUERZO CRITERIA FOR MAXIMAL EXERCISE TEST. *International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport*, 9(35), 217-231.
- Chicharro, J. L., & Vaquero, A. F. (2006). *Fisiología del ejercicio/Physiology of Exercise*: Ed. Médica Panamericana.
- Da Silva, C. D., Bloomfield, J., & Marins, J. C. B. (2008). A review of stature, body mass and maximal oxygen uptake profiles of U17, U20 and first division players in Brazilian soccer. *Journal of sports science & medicine*, 7(3), 309.
- Doyle, J. A., & Martinez, A. L. (1998). Reliability of a protocol for testing endurance performance in runners and cyclists. *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 69 (3), 304-307.
- Eskurza, I., Donato, A. J., Moreau, K. L., Seals, D. R., & Tanaka, H. (2002). Changes in maximal aerobic capacity with age in endurance-trained women: 7-yr follow-up. *Journal of Applied Physiology*, 92, 2303–2308.
- Fitzgerald, M. D., Tanaka, H., Tran, Z. V., & Seals, D. R. (1997). Age-related declines in maximal aerobic capacity in regularly exercising vs. Sedentary women: a meta-analysis. *Journal of Applied Physiology*, 1, 160–165.

- Fletcher, G., Froelicher, V., Hartley, L., Haskell, W., & Pollock, M. (1990). Exercise standards. A statement for health professionals from the American Heart Association. *Circulation*, 82(6), 2286-2322.
- Fox, E. (1992). Fisiología del deporte. *México: Panamericana*.
- Garatachea, N., García, D., & De Paz, J. (2005). Diferentes modelos de regresión para describir la relación VO₂-FC y para estimar el VO₂ a diferentes intensidades de esfuerzo. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 1 (3), 131-135.
- García García, Ó. (2005). Estudio de la frecuencia cardiaca del futbolista profesional en competición: Un modelo explicativo a partir del contexto de la situación de juego.
- Kemi, O., Hoff, J., Engen, L., Helgerud, J., & Wisloff, U. (2003). Soccer specific testing of maximal oxygen uptake. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 43(2), 139.
- Lear, S. A., Brozic, A., Myers, J. N., & Ignaszewski, A. (1999). Exercise stress testing, an overview of current guidelines. *Journal of Sports Medicine*, 27 (5), 285-312.
- Loftin, M., Sothorn, M., Warren, B., & Udall, J. (2004). Comparison of VO₂ peak during treadmill and cycle ergometry in severely overweight youth. . *Journal of Sports Science and Medicine*, 3, 254-260.
- López-Chicharro, J., & Fernández-Vaquero, A. (2006). Fisiología del Ejercicio. *Editorial Médica Panamericana.*, 3.
- Martinez, E. J. (2002). Aptitud Física. *Paidotribo*, 1, 94-95.
- Meneses, G. A., & Avalos González, J. M. (2013). La investigación del futbol y sus nexos con los estudios de comunicación: Aproximaciones y ejemplos. *Comunicación y sociedad*(20), 33-64.
- Michalsik, L. B., & Bangsbo, J. (2002). *Aerob og anaerob træning: Danmarks Idræts-Forbund og Center for Idrætsforskning*.
- Norton, K., & Olds, T. (1996). *Anthropometrica: a textbook of body measurement for sports and health courses*: UNSW press.
- Piqueras, P. G., Malavés, R. A., & López, V. F. (2010). Seguimiento longitudinal de la evolución en la condición aeróbica en jóvenes futbolistas. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 45(168), 227-234.
- Raurich, J., & Ibáñez, J. (2007). Coste de oxígeno de la respiración y predicción del éxito de la desconexión de la ventilación mecánica. *Medicina intensiva*, 31(4), 172-178.
- Reilly, T. (2005). An ergonomics model of the soccer training process. *Journal of sports sciences*, 23(6), 561-572.
- Reilly, T., Bangsbo, J., & Franks, A. (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Journal of sports sciences*, 18(9), 669-683.
- Rienzi, E., Drust, B., Reilly, T., Carter, J. E. L., & Martin, A. (2000). Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 40(2), 162.

- Rodríguez Gutiérrez, C., & Echegoyen Monroy, S. (2005). Características antropométricas fisiológicas de jugadores de fútbol de la selección mexicana. *Arch. med. deporte*, 33-37.
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer. *Sports Medicine*, 35(6), 501-536.
- Thannickal, V. J. (2009). Oxygen in the evolution of complex life and the price we pay. *American journal of respiratory cell and molecular biology*, 40(5), 507-510.
- Tønnessen, E., Hem, E., Leirstein, S., Haugen, T., & Seiler, S. (2012). VO2 max Characteristics of Male Professional Soccer Players 1989-2012. *International journal of sports physiology and performance*.
- Ureña, B. S., & Cabrera, J. S. (2009). Determinación del consumo máximo de oxígeno del futbolista costarricense de primera división en pretemporada 2008. *MHSALUD: Revista en Ciencias del Movimiento Humano y Salud*, 6(2).
- Vehrs, P. R., George, J. D., Fellingham, G. W., Plowman, S. A., & Dustman-Allen, K. (2007). Submaximal treadmill exercise test to predict VO2max in fit adults. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 11(2), 61-72.
- Weiss, E. P., Spina, R. J., Holloszy, J. O., & Ehsani, A. A. (2006). Gender differences in the decline in aerobic capacity and its physiological determinants during the later decades of life. *Journal of Applied Physiology*, 101, 938-944.
- Wilmore, J. H., & Costil, D. L. (2007). Fisiología del esfuerzo y del deporte. *Editorial Paidotribo.*, 6.

Capítulo 7. Anexos

Anexo 1

Tabla de frecuencia en que los jugadores de fútbol profesional de Costa Rica finalizaron la prueba de VO₂máx.

| Minuto | Frecuencia (n) | Frecuencia (%) |
|--------|----------------|----------------|
| 8 | 1 | 3.3 |
| 9 | 0 | 0.0 |
| 10 | 1 | 3.3 |
| 11 | 1 | 3.3 |
| 12 | 5 | 16.7 |
| 13 | 4 | 13.3 |
| 14 | 2 | 6.7 |
| 15 | 3 | 10.0 |
| 16 | 4 | 13.3 |
| 17 | 7 | 23.3 |
| 18 | 1 | 3.3 |
| 19 | 1 | 3.3 |
| | 30 | 100 |