

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE MEDICINA

HOSPITAL UNIVERSITARIO “DR. JOSÉ ELEUTERIO GONZÁLEZ”



**ASOCIACIÓN ENTRE ÍNDICES DE RECUPERACIÓN CARDIACA CON CAPACIDAD
AERÓBICA EN EL JUGADOR DE FUTBOL PROFESIONAL**

Por

DR. LUIS FERNANDO SANDOVAL ARELLANO

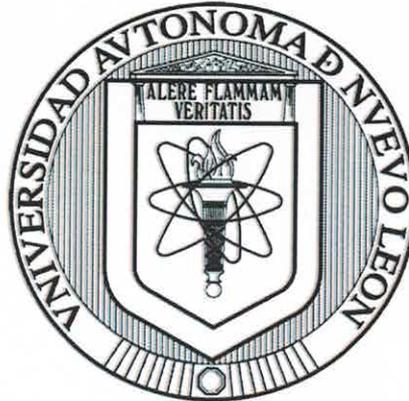
**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
ESPECIALIDAD EN MEDICINA DEL DEPORTE Y REHABILITACIÓN**

Febrero 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE MEDICINA

HOSPITAL UNIVERSITARIO “DR. JOSÉ ELEUTERIO GONZÁLEZ”



**ASOCIACIÓN ENTRE ÍNDICES DE RECUPERACIÓN CARDIACA CON CAPACIDAD
AERÓBICA EN EL JUGADOR DE FUTBOL PROFESIONAL**

Por

DR. LUIS FERNANDO SANDOVAL ARELLANO

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
ESPECIALIDAD EN MEDICINA DEL DEPORTE Y REHABILITACIÓN**

Asesor

DR. MED OSCAR SALAS FRAIRE

Febrero 2024

**“ASOCIACION ENTRE INDICES DE RECUPERACION CARDIACA CON CAPACIDAD
AEROBICA EN EL JUGADOR DE FUTBOL PROFESIONAL”**

Aprobación de la Tesis

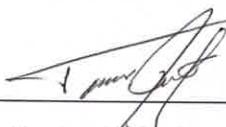


DR. Med. Oscar Salas Fraire

Director de Tesis

Jefe del departamento

Medicina del Deporte y Rehabilitación



Dr. M.C. Tomas Javier Martínez Cervantes PhD

Co-Director de Tesis

Medicina del Deporte y Rehabilitación



Dra. E. Karina Salas Longoria

Coordinadora de Enseñanza

Medicina del Deporte y Rehabilitación



Dr. Med. Oscar Salas Fraire

Jefe de Departamento

Medicina del Deporte y Rehabilitación



Dr. Med. Felipe Arturo Morales Martínez

Subdirector de Estudios de Posgrado

Prólogo

Este trabajo tiene como objetivo formar parte de la evidencia necesaria para acreditar el grado de especialista en medicina del deporte y rehabilitación.

Es necesario realizar investigación en conjunto con las instituciones deportivas para incrementar la cantidad de información científica de calidad en un campo en el que se puede caer en conductas e información que se repiten de manera empírica, sin ser puestas a prueba o cuestionadas por quien las aplica.

El interés por realizar este proyecto surge de una fascinación con el deporte, especialmente el fútbol y un gusto por la valoración de capacidad funcional del atleta como herramienta de diagnóstico y su uso para la facilitar el desarrollo integral del jugador buscando así que alcance su rendimiento máximo.

Tras una revisión notamos que no existe investigación acerca del tema en nuestro país por lo que hay una carencia de información en futbolistas profesionales mexicanos, esto a pesar de ser el deporte más popular en México y contar con una gran cantidad de individuos que practican activamente el deporte tanto atletas de alto rendimiento, así como aquellas personas que lo realizan de manera recreativa.

Esto nos puede proporcionar una ventana al perfil bioquímico y de salud del atleta mediante la información obtenida es posible generar bases de datos que nos puedan mostrar las lesiones más comunes en nuestra población, con esto se busca tanto la identificación de factores de riesgo, los tratamientos más comunes y el retorno al juego.

En el alto rendimiento la identificación de ciertas características morfofuncionales sumado a los perfiles mencionados se busca generar un perfil del jugador en base a su posición en el campo de juego.

Desafortunadamente el acceso para realizar estos estudios en nuestro país se encuentra ante las varias limitantes como puede ser la falta de infraestructura para realizar las pruebas necesarias para la valoración del atleta, la falta de interés por algunos equipos profesionales por realizarse dichas pruebas lo que limita la capacidad para realizar investigaciones como estas.

Afortunadamente el ser integrante del departamento de medicina del deporte y rehabilitación de la UANL me da una oportunidad privilegiada de acceso a esta población de futbolistas profesionales en sus distintas categorías y contando con el equipo para realizar las evaluaciones.

Es con gusto con el cual a continuación se presenta los resultados que se obtuvieron en este estudio.

Agradecimientos

Agradecer de manera especial al departamento de Medicina del Deporte y Rehabilitación y todo su personal, que formaron una parte fundamental de mi formación como médico del deporte y rehabilitación y en especial por el apoyo y cariño demostrado a lo largo de esta residencia.

Gracias a mis profesores de la especialidad, al Dr. Antonino, Dr. Ángel , Dr. Carlos, y Dr. José Ángel por su participación fundamental en mi formación, demostrando paciencia ante las dificultades que represento la pandemia para transmitir sus conocimientos. Por siempre estar empujándome a superar que fue de vital importancia para alcanzar mis metas en periodos sumamente difíciles.

Agradezco inmensamente al Dr. Med. Oscar Salas Fraire jefe de este departamento y director de mi tesis por haberme recibido con brazos abiertos en este increíble departamento tan exclusivo, por su importante participación en mi formación como médico especialista al compartirme parte de su conocimiento y expertise en el área de la medicina del deporte, la exposición a los pacientes de alto rendimiento no hubiera sido posible sin su apoyo y sin su supervisión, en el lado de la investigación agradezco el impulso para alcanzar algo que no creía posible, sin esto no hubiera sido posible desarrollarme al máximo como especialista.

A mi co-asesor de tesis el Dr. Mc. Tomás Javier Martínez Cervantes quien siempre estuvo al pendiente y disponible para apoyarme en este proyecto y el resto de la residencia, gracias por los jalones de oreja tan necesarios sin los cuales no hubiera sido posible alcanzar mis metas y obligaciones en el departamento.

A la Dra. Karina Salas Longoria quien siempre estuvo atenta ante las dificultades por las que estaba atravesando, quien vio el potencial en mí y me impulso a alcanzarlo siempre estaré agradecido por la paciencia y disposición de enseñanza. Esto no hubiera sido posible sin este apoyo logrando alcanzar metas que no veía como posibles, muchas gracias.

Un gran agradecimiento a mis compañeros de residencia de grados superiores e inferiores, en especial al Dr. Gilberto, Dra. Paulina que en momentos donde estaba pasando la muy mal nunca perdieron esperanza en mí y continuaron a impulsarme para fomentar mi desarrollo. Al Dr. Oscar, Dr. Sergio, Dra. Carolina, Dra. Marlen y Dr. Javier, quienes jamás se rindieron a pesar de las dificultades que presentaba tanto la pandemia, como los retos psicológicos que estaba pasando decidieron tomarme bajo su ala, logrando orientarme y ayudarme a superar estos retos mostrándome que con un empujón se puede lograr mucho, no sería la persona ni el medico que soy en este momento si no contara con el apoyo de estos compañeros

A mis hermanos compañeros de generación, Dennis quien desde aquel día de presentar el examen me comento que no me preocupara que seriamos compañeros, aconsejándome y que a lo largo de la residencia estuvo presionándome para que pudiera alcanzar mi potencial. A Nebai por siempre tener la paciencia y entendimiento mostrando una empatía ante los obstáculos que estaba atravesando, siempre prestando un oído y palabras reconfortantes. A Toño por su chispa cariño y disposición, siempre con una sonrisa, dispuesto a compartir su conocimiento haciéndolo parecer simple y generando unas genuinas ganas de aprender. ¡A los tres por su comprensión cariño y por nunca dejar de creer en mi no me queda más que decirles GRACIAS TOTALES!

A todos mis amigos que a lo largo de mi vida han formado una red de apoyo increíble que siempre ha estado para apoyarme, escucharme y que siempre creyeron en mí gracias por todo. Que han estado echando porras a lo largo de mi carrera universitaria y residencia médica nada de esto sería posible sin ustedes.

A mis Padres quienes estuvieron siempre ahí para mí y quienes ayudaron a trazar este camino que me permitió alcanzar mis metas, no existen palabras para agradecer todo el cariño, amor y regaños, los cuales me convirtieron en la persona y profesionalista en el que me he convertido, sin ustedes nada de esto hubiera sido posible. Le agradezco a Dios por asignarme dos ángeles de la guarda para educarme y cuidarme, me considero extremadamente afortunado y orgulloso de ser su hijo.

A mi hermano Diego quien a pesar de la distancia siempre estuvo pendiente interesado por mi bienestar físico, mental y académico. Contar con un amigo como tú alivia la carga que representa estar lejos de casa y en un programa de residencia, siempre con un chiste y con una honestidad sobre mis errores, impulsándome a mejorar como persona y profesional, así como en los aciertos para creerme, muchas gracias.

A Karla, mi novia, quien a lo largo de este proceso ha representado un pilar que me ha ayudado a mantenerme en pie. En aquellos momentos en los que pasé por mí mente rendirme, nunca dejó de ser ese apoyo. Ella ha estado en los momentos más difíciles, siempre con un consejo, amor y con infinita paciencia hacia mí. Por creer en mí cuando yo no creía en mí mismo, estoy completamente agradecido contigo y con el universo por ponerte a mi lado.

ÍNDICE

Prólogo	1
Agradecimientos	3
LISTA DE ABREVIATURAS	8
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABLAS	12
1.0 Introducción	13
2.0 Marco Teórico.....	14
2.1.1 HISTORIA FUTBOL	14
2.1.2 Demandas Fisiológicas del Futbol	16
2.1.3 Evaluación de la Respuesta Cardíaca al Esfuerzo: Implicaciones para Atletas y Pacientes.	17
2.1.5 índices de recuperación Cardíaca	20
2.1.7 Sobrentrenamiento	24
2.2 Justificación	25
2.3 Planteamiento del Problema	25
2.4 Hipótesis	26
2.5 OBJETIVOS	26
3.1 MATERIAL Y MÉTODOS.....	27
3.1.1 Diseño de estudio	27
3.1.2 Lugar o sitio del estudio	27
3.1.3 Criterios de inclusión	27
3.1.4 Criterios de exclusión.....	27
3.1.5 Criterios de eliminación	27
3.2.0 Descripción metodológica	28
3.3 Población Estudiada	32
3.4 Consideraciones éticas	32
3.5 Plan de Análisis Estadístico	33
4.0 Resultados	34
5.0 Discusión	37
7.0 Conclusión	41
8.0 Anexos.....	42

9.0 RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO44
BIBLIOGRAFIA.....45

LISTA DE ABREVIATURAS	
Kg	kilogramos
Cm	centímetros
HRR1	Índice de recuperación cardiaca al primer minuto
HRR3	Índice de recuperación cardiaca al tercer minuto
HRR5	Índice de recuperación cardiaca al quinto minuto
VO ₂ máx rel	consumo máximo de oxígeno relativo
VO ₂ máx ab	consumo máximo de oxígeno absoluto
ml/kg/min	mililitro por kilogramo de peso por minuto
Composición Corporal	%Grasa Corporal
Frecuencia Cardiaca Máxima Alcanzada	FCMA
Frecuencia Cardiaca Máxima Esperada	FCME
Frecuencia Cardiaca en Reposo	FCR
ISAK	<i>International Society for the advancement of the Kinanthropometry</i> (Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría)
IMC	índice de masa muscular

SPSS	<i>Statistical Package for the Social Sciences</i> (Programa Estadístico)
FIFA	Federación Internacional Fútbol Asociación
Volumen Latido	VL
Frecuencia Cardiaca	FC
Q	Gasto Cardiaco (VL*FC)
D(a-v)O ₂	Diferencia Arterio Venosa de Oxígeno
Oxígeno	O ₂
UANL:	Universidad Autónoma de Nuevo León
1er	Primero
3er	Tercero
5to	Quinto
CPET	Cardio Pulmonar Stress Test (ergometría con valoración cardiopulmonar)
V _{max}	Velocidad Máxima Alcanza
GK	Goal Keeper (Portero, Guardameta)
D	Defensa
M	Medio
F	Forward (Delantero)
%	Porcentaje
l-min	Litros minuto

Km/h	Kilómetros por hora
HWR	Height Weight Ratio (Relación Talla Peso)
Ecto	Componente Ectomorfo
Endo	Componente Endomórfico
Meso	Componente Mesomórfico
N	Numero de sujetos
VO2 max.	Consumo de Oxígeno máximo

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 CAMPO DE FUTBOL

Figura 2. Sistema Autonomico influencia ritmo cardiaco (Kikuchi et a; 2018)

Figura 3. ACSM relación VO₂ con FC

Figura 4 (Balady et al., 2010)

FIGURA 5 (McArdle et al., 2015) Diagram Fick

Figura 6. Somatotipo Heath y Carter (J.E.L. Carter, 2002)

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Calculo de Muestra

Tabla 2. Características de la población

Tabla 3. VO_{2max} rel por posicion

Tabla 4. Tabla comparativa estadística de variables con índices cardiacos.

Tabla 5. Tabla Promedio de índices de recuperación cardiaca por posición.

1.0 Introducción

El fútbol, siendo uno de los deportes más populares y seguidos a nivel mundial, ha evolucionado considerablemente en términos de intensidad y exigencia física en las últimas décadas.

Los jugadores de fútbol profesional, sometidos a rigurosas demandas físicas y mentales durante los partidos y entrenamientos, deben mantener un alto nivel de aptitud aeróbica para sobresalir en el campo de juego.

Bonaiuto et al. (2012) menciona la capacidad de recuperación cardíaca, como un componente esencial de la aptitud cardiovascular, desempeñando un papel fundamental en la capacidad del jugador para mantener un rendimiento óptimo a lo largo de un partido y durante toda la temporada.

Actualmente los jugadores pueden llegar a participar en 20-40 partidos por año llegando a más dependiendo de la liga en la que se encuentre, sin tomar en cuenta si forma parte de un seleccionado nacional, pudiendo este factor incrementar el número de partidos.

Por lo que es fundamental el mantenimiento de la capacidad física para alcanzar los logros deportivos tanto individuales como en equipo, para esto es importante desarrollar estrategias o contar con herramientas que nos sirvan como indicadores de la capacidad aeróbica de un jugador, de sus adaptaciones y de su estado de respuesta ante la carga fisiológica impresa en ese periodo .(Saeidi, 2016)

Durante la temporada de futbol por cuestiones de practicidad y tiempo el índice de recuperación cardíaca al 1er, 3er y 5to minuto, podría representar una herramienta que es valorable de manera sencilla y rápida en campo, funcionando como un marcador indirecto de esta capacidad aeróbica y del estado autonómico.

2.0 Marco Teórico

2.1.1 HISTORIA FUTBOL

Orígenes del Fútbol

La historia del fútbol se remonta a 1863, año en que se fundó la Asociación Inglesa de Fútbol. Aunque existían similitudes entre diferentes juegos de pelota que se desarrollaron desde el siglo III a.C., es a partir de esta fecha que se considera el inicio formal del fútbol. FIFA (2007)

Los primeros códigos británicos que dieron origen al balompié se caracterizaban por su escasa organización y extrema violencia. Sin embargo, también existían otros códigos menos violentos y mejor organizados.

Consolidación del Fútbol

El fútbol alcanzó su forma definitiva durante el siglo XIX. Desde entonces, ha experimentado un crecimiento constante, hasta convertirse en el deporte más popular del mundo.

Con la fundación de la FIFA en 1904, este deporte se ha expandido hasta llegar a todos los rincones del planeta. A partir de 1930, se comenzó a disputar la Copa Mundial de Fútbol, que se convertiría en el evento deportivo con mayor audiencia del mundo.

Estructura del Juego

El fútbol es un deporte de equipo que consta de dos escuadras conformadas por 11 jugadores cada una, dirigidas por un entrenador. El objetivo del juego es ganar a través de la anotación de la mayor cantidad de goles durante dos tiempos de 45 minutos (Board., 2007)

De manera general, se pueden describir cuatro posiciones en el fútbol:

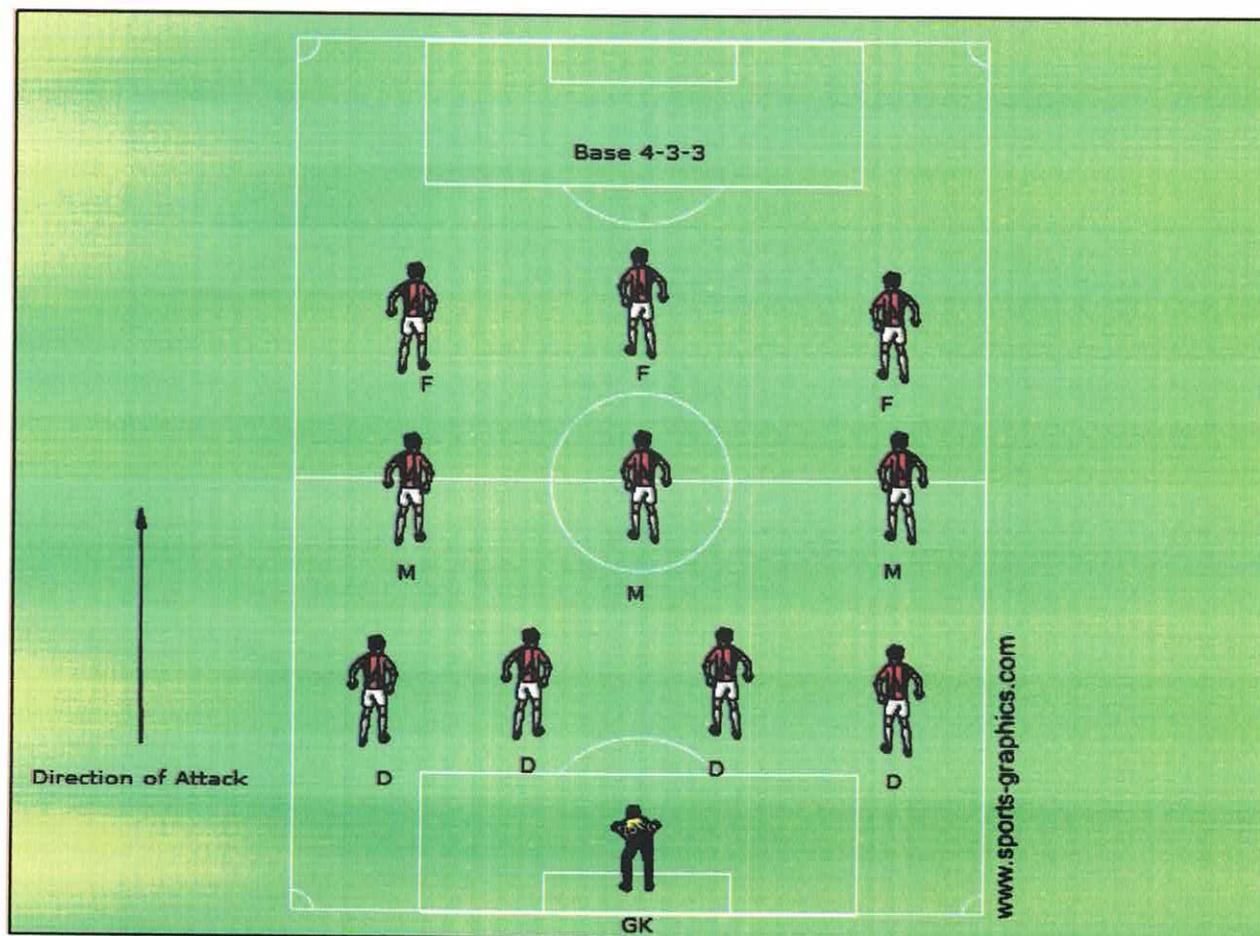
Portero: encargado de defender la portería y evitar que el balón entre en ella.

Defensa: jugadores cuyo objetivo principal es bloquear los ataques del equipo contrario.

Medio: jugadores que conectan la defensa con el ataque, recuperan balones y organizan el juego ofensivo.

Delantero: jugadores cuya principal función es marcar goles.

Figura 1 CAMPO DE FUTBOL



2.1.2 Demandas Fisiológicas del Fútbol

El fútbol es un deporte dinámico que se encuentra en constante evolución, lo cual lo ha llevado a ser cada vez más dependiente de la capacidad física del jugador para realizar esfuerzos de alta intensidad y sostenerlos durante la mayor parte de la duración del partido.

Stølen et al. (2005) describieron que, basándose en la relación lineal entre la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno establecida en el laboratorio, se encontró que la intensidad promedio en los jugadores de fútbol de élite adultos se encontraría entre un 70% y un 80% del VO₂max durante el partido.

Esto toma en cuenta los periodos en los que el jugador puede encontrarse caminando o parado (baja intensidad entre el 15 y 40% del tiempo) durante un partido de 90 minutos, como fue reportado por Rampinini et al. (2008). Durante estos periodos, el jugador se encontrará en un periodo de recuperación activa trabajando a intensidades bajas, mientras que esfuerzos como regates, sprints, coberturas, cambios de dirección, entre otros gestos técnicos, incrementarán la intensidad durante el partido.

Para poder cubrir estas demandas, es fundamental una adecuada preparación del jugador, mediante periodos monitorizados de aplicación de carga durante los entrenamientos. Bangsbo et al. (2006) describen una media de consumo de oxígeno en el jugador profesional de élite de 60 ml/kg/min.

Una buena base aeróbica es de vital importancia para el desempeño y se ha asociado con una mejor recuperación. Dellal et al. (2010) encontraron que el 90% de la actividad durante un

partido de fútbol soccer se realiza utilizando los sistemas y vías aeróbicas. Esto refuerza el concepto anteriormente mencionado y sugiere un entrenamiento que tenga énfasis en las necesidades particulares tanto del atleta como para la posición en el terreno, haciendo énfasis en el rol que desempeñará en el terreno.

2.1.3 Evaluación de la Respuesta Cardíaca al Esfuerzo: Implicaciones para Atletas y Pacientes

La evaluación de la respuesta cardíaca al esfuerzo desempeña un papel fundamental en la evaluación de atletas y pacientes en general. Esta evaluación mantiene una relación lineal con la carga de trabajo aplicada, lo que significa que a medida que aumenta la carga de trabajo, también lo hace la respuesta cardíaca. (Schneider et al., 2018)

Una respuesta ionotrópica y cronotrópica adecuada es esencial para el rendimiento. La respuesta ionotrópica se refiere a la fuerza de contracción del corazón, mientras que la respuesta cronotrópica se refiere a la frecuencia cardíaca. Ambas respuestas son cruciales para garantizar que el corazón pueda satisfacer las demandas del cuerpo durante el ejercicio.

Si se observa una falta de adaptación al trabajo aplicado, esto debe ser una señal de alerta. Tal falta de adaptación puede indicar problemas con el sistema autonómico o cardiovascular de la persona evaluada. Por lo tanto, es crucial prestar atención a estas señales y tomar las medidas adecuadas para abordar cualquier problema potencial.

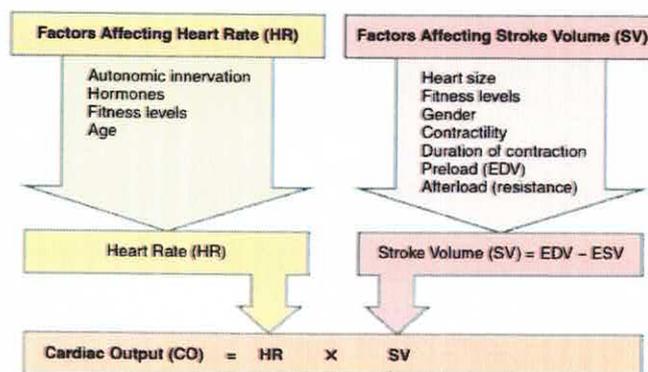
Esta relación se mantiene hasta que se alcanza la frecuencia cardíaca máxima del individuo. En términos matemáticos, esta relación puede expresarse como:

$$FC = a + b * \text{Carga}$$

donde:

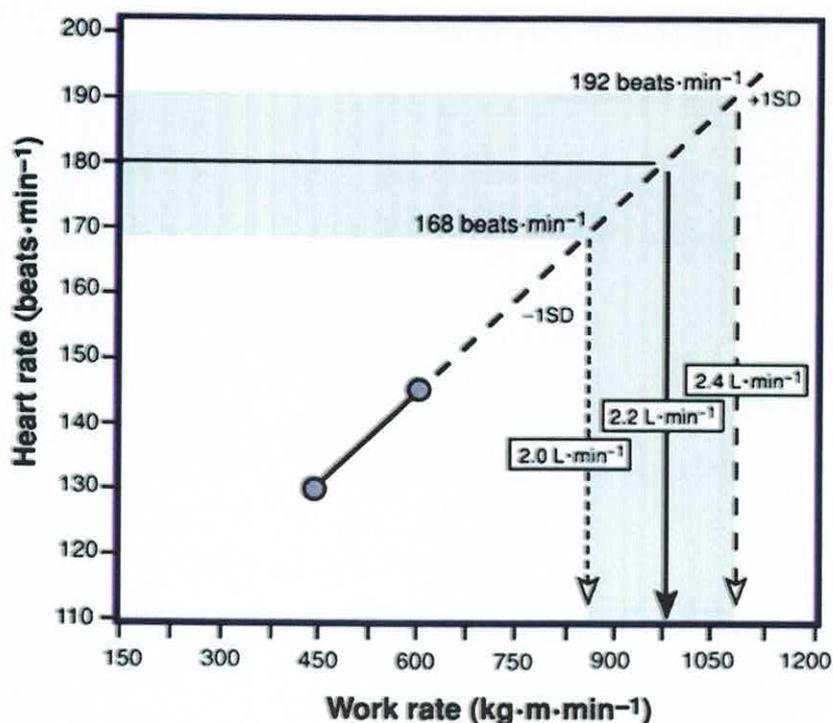
- FC es la frecuencia cardiaca,
- Carga es la carga de trabajo,
- a y b son constantes que pueden variar de un individuo a otro.

FIGURA 2 (Kiuchi et al., 2019)



Esta relación lineal es un pilar fundamental en la fisiología del ejercicio, proporcionando una medida cuantitativa de cómo el corazón responde al ejercicio. Sin embargo, es importante tener en cuenta que esta relación puede verse afectada por una serie de factores, incluyendo la edad, el nivel de condición física, y la presencia de enfermedades cardiovasculares.

Figura 3 ACSM EVALUACION Y PRESCRIPCION DE EJERCICIO (Medicine, 2013)



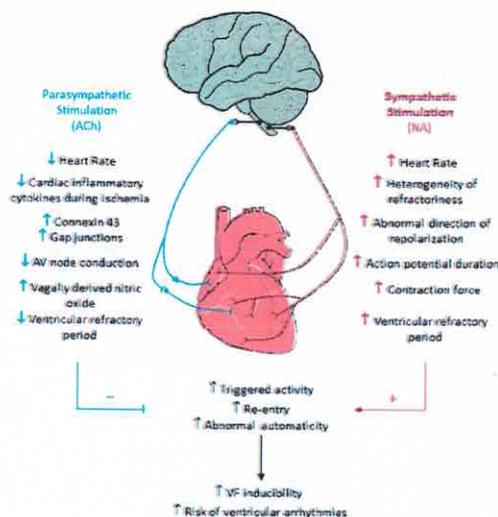
2.1.4 Recuperación Cardíaca Post-Ejercicio: Influencia del Sistema Nervioso Parasimpático y Simpático

Bonaiuto et al. (2012) refieren que la recuperación cardíaca después del ejercicio es un proceso que depende de varios factores. En particular, se ve influenciada por la interacción entre el sistema nervioso parasimpático y el sistema nervioso simpático. Esta interacción representa una herramienta de medición fácilmente obtenible que no requiere de equipo sofisticado.

La valoración de esta interacción es no invasiva para el individuo, proporcionando una ventana hacia la influencia y función del sistema parasimpático. Este último actúa rápidamente al cesar el ejercicio y su rol en la desaceleración cardíaca ha sido extensamente descrito en la literatura.

La medición de la recuperación cardíaca post-ejercicio puede proporcionar información valiosa sobre la salud cardiovascular de un individuo. Además, puede ayudar a identificar cualquier anomalía o problema potencial que pueda requerir atención médica adicional.

FIGURA 4 (Balady et al., 2010)



2.1.5 índices de recuperación Cardíaca

En el campo de la medicina, la necesidad de indicadores eficaces y accesibles es una constante. La medición de la HRR ha surgido como una de estas herramientas valiosas, proporcionando información crucial sobre la actividad del sistema nervioso autónomo. (Suzic Lazic et al., 2017)

La HRR se mide utilizando una serie de técnicas que permiten evaluar la actividad del sistema nervioso autónomo. Estas técnicas incluyen la monitorización de la frecuencia cardíaca en reposo, durante el ejercicio y después del ejercicio. La diferencia entre la frecuencia cardíaca máxima durante el ejercicio y la frecuencia cardíaca a los uno, tres y cinco minutos después del ejercicio se utiliza para calcular la HRR.

Bonaiuto et al. (2012) describe el índice de recuperación cardiaca es definido como el descenso de la frecuencia cardiaca al 1er, 3er y 5to minuto después del cese del ejercicio.

HRR1 = Frecuencia Cardiaca máxima Alcanzada – Frecuencia Cardiaca Medida al 1er Minuto

HRR3 = Frecuencia Cardiaca máxima Alcanzada – Frecuencia Cardiaca Medida al 3er Minuto

HRR5 = Frecuencia Cardiaca máxima Alcanzada – Frecuencia Cardiaca Medida al 5to Minuto

Suzic Lazic et al. (2017) observaron que los individuos con una mayor capacidad aeróbica presentan un ritmo de recuperación cardiaca más rápido en respuesta al ejercicio. Esto sugiere que el ritmo de recuperación cardiaca post-ejercicio puede ser un indicador de las adaptaciones del sistema autonómico al entrenamiento, que resultan en una activación más rápida del sistema vagal y/o una pérdida acelerada del tono simpático.

Por otro lado, Barbosa Lins et al. (2015) informaron que el índice de recuperación cardiaca disminuye en pacientes con sobrepeso u obesidad. Sin embargo, se ha demostrado que el ritmo de recuperación cardiaca mejora con el entrenamiento, tanto cardiovascular como de fuerza.

Se ha descrito en la literatura que la evaluación de los índices de recuperación cardiaca especialmente al primer y tercer minuto son dependientes del nivel de preparación del individuo, así como otros factores como composición corporal, edad, porcentaje de grasa, entre otros.

Por lo tanto, es crucial considerar estos factores al evaluar la salud cardiovascular de un individuo y al diseñar programas de entrenamiento personalizados. Que nos permita la optimización de la

preparación del jugador dependiendo de sus características y requerimientos posicionales en el campo.

La capacidad de recuperación cardíaca, un componente esencial de la aptitud cardiovascular desempeña un papel determinante en la capacidad de un jugador para mantener un rendimiento óptimo a lo largo de un partido y durante toda la temporada.

2.1.6 Capacidad aeróbica y Consumo de Oxígeno.

El consumo de oxígeno es uno de los indicadores más importantes para evaluar el rendimiento o capacidad aeróbica de los atletas, ofreciéndonos información vital del estado funcional del atleta.

El consumo de oxígeno se define como la cantidad de oxígeno que se consume por medio del organismo del atleta en un periodo determinado de tiempo, este puede ser medido de manera directa (CPET) o estimado de manera indirecta. (Formula)

El consumo máximo de oxígeno es la cantidad máxima de oxígeno que el cuerpo de un individuo es capaz de aprovechar para realizar un esfuerzo aeróbico máximo durante la actividad física que aumenta de intensidad progresivamente y hasta alcanzar una fatiga que no le permita continuar.

Esta se mide de manera absoluta en litros de oxígeno por minuto (l-min) o mililitros de oxígeno por kilogramo de peso por minuto (kg-ml-min) el cual nos da un valor relativo al peso del paciente. (McArdle et al., 2015)

El metabolismo basal es la cantidad de oxígeno que el cuerpo en reposo absoluto se ha calculado a través de varios estudios en 3.5 ml-kg-min, este valor también se puede llamar unidad metabólica (MET) y es la cantidad de energía que requiere el cuerpo para mantener las funciones metabólicas vitales en reposo. (McArdle et al., 2015)

El ejercicio produce un incremento en las necesidades metabólicas generando una respuesta en los diferentes sistemas fisiológicos que están trabajando en conjunto para buscar alcanzar el estado estable al aumentar la carga resulta en una mayor demanda de energía por lo tanto mayor consumo de oxígeno.

FIGURA 5 (McArdle et al., 2015)

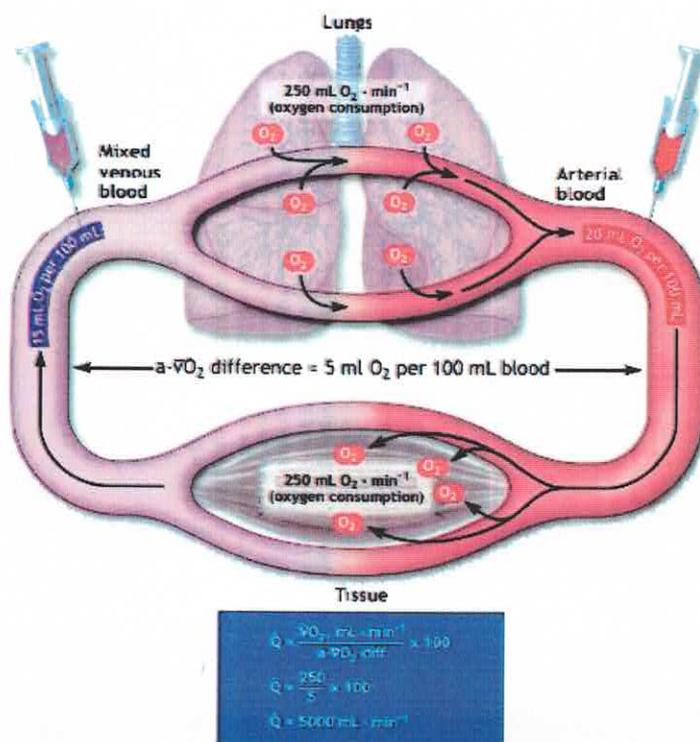


FIGURE 17.1 • The Fick principle to measure cardiac output per minute (\dot{Q}).

El consumo de oxígeno estará afectado por diversos factores que se describen en la ecuación de FICK.

$$VO_2 = Q \times D(a-v) O_2$$

En la ecuación de Fick el consumo de oxígeno es igual al gasto cardiaco (LPM x Volumen Latido) multiplicado por la diferencia arterio-venosa de oxígeno.

2.1.7 Sobrentrenamiento

Se considera que una sobrecarga en el entrenamiento es un estímulo esencial para potenciar el rendimiento atlético. No obstante, es igualmente crucial una recuperación adecuada que logre un equilibrio entre el entrenamiento y el nivel de estrés general, dado que un desequilibrio entre ambos podría resultar en una disminución del rendimiento. (Carrard et al., 2022)

Gustafsson et al. (2008) utilizan el término sobreentrenamiento para describir una disminución del rendimiento a corto plazo (por lo general, de hasta 2 semanas) que se ve seguida de un efecto de supercompensación, es decir, una mejora adaptativa en el rendimiento.

En aquellos casos en los que la disminución del rendimiento se prolonga un poco más (habitualmente, hasta 3-4 semanas) y no se observa un efecto de supercompensación, se habla de sobreentrenamiento no funcional.

Por último, cuando la disminución de la capacidad de rendimiento se extiende por más de 3 a 4 semanas y no se acompaña de un efecto de supercompensación ni de una mejora en el rendimiento atlético, es probable que el atleta esté sufriendo un síndrome de sobreentrenamiento (OTS).(Meeusen et al., 2013)

Matos et al. (2011) Reportan una prevalencia de alrededor del 30% a la edad de 15 años entre los jóvenes atletas ingleses en diferentes deportes, el Síndrome de Sobreentrenamiento (OTS, por sus siglas en inglés) no es infrecuente.

El síndrome de sobreentrenamiento representa una respuesta maladaptativa a la carga aplicada durante el periodo de entrenamiento, es importante identificarla para evitar una baja importante en el rendimiento de los atletas y proteger tanto la integridad física como mental del paciente.

2.2 Justificación

La determinación de la relación entre los índices de recuperación cardiaca y la capacidad aeróbica de los futbolistas se presenta como una posible herramienta para una valoración sencilla del jugador.

La identificación de estos índices en los jugadores podría facilitar la optimización de su rendimiento, permitir la detección de una posible disfunción autonómica cardiaca y posibilitar el uso de estos índices como marcadores de sobre entrenamiento.

Además, la recopilación de estos datos permitirá la creación de bases de datos individuales, donde podremos examinar el perfil del jugador basado en su posición con el fin de facilitar la planificación meticulosa de su plan de entrenamiento con el fin de maximizar su rendimiento.

2.3 Planteamiento del Problema

La evaluación de la capacidad aeróbica es un componente esencial en el proceso de preparación del atleta. Sin embargo, su medición precisa requiere de equipo especializado y personal capacitado para llevar a cabo diversas pruebas.

Durante la temporada de fútbol, debido a cuestiones logísticas y de tiempo, es complicado realizar una evaluación de esta mediante una prueba de ejercicio en cicloergómetro.

Los índices de recuperación cardiaca al primer, tercer y quinto minuto son una herramienta que se puede evaluar de manera sencilla y rápida en el campo, funcionando como un marcador indirecto de esta capacidad aeróbica y del estado autonómico del jugador.

Estas mediciones sencillas, si tienen una relación, permiten una evaluación rápida y constante a lo largo de la temporada, facilitando así los ajustes pertinentes a la carga y duración de las sesiones de entrenamiento, buscando así una mejora en el rendimiento del jugador.

2.4 Hipótesis

Hipótesis alterna: Existe una asociación entre los índices cardiacos (HRR1, HRR3 y HRR5) con la capacidad aeróbica del jugador (VO_{2Max}).

Hipótesis nula: No existe una asociación entre los índices cardiacos (HRR1, HRR3 y HRR5) con la capacidad aeróbica del jugador (VO_{2Max}).

2.5 OBJETIVOS

General:

- Determinar la asociación entre los índices de recuperación cardiaca y la capacidad aeróbica de los jugadores profesionales de fútbol de un equipo del norte de México.

Específicos:

- Relacionar la composición corporal con los índices de recuperación cardiacos 1, 3 y 5 minutos.

- Determinar los índices de recuperación cardiaca al a los 1, 3 y 5to minutos, tras realizar una prueba de esfuerzo máximo en banda sin fin
- Realizar una relación entre el índice de recuperación cardiaca y la posición dentro del campo de juego.

3.1 MATERIAL Y MÉTODOS

3.1.1 Diseño de estudio

- Observacional, transversal, retrospectivo, asociativo y descriptivo.

3.1.2 Lugar o sitio del estudio

- Departamento de Medicina del Deporte y Rehabilitación Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

3.1.3 Criterios de inclusión

- Expedientes completos y legibles que cuenten con prueba de esfuerzo realizado bajo el protocolo de Kindermann.
- Jugadores de las categorías varoniles Sub-16, Sub-17, Sub-20 y Equipo de 1era división profesional del equipo de Tigres UANL.

3.1.4 Criterios de exclusión

- Jugadores menores de 14 años.
- Jugadores que no cuenten con un contrato profesional.
- Jugadores de las categorías femeniles

3.1.5 Criterios de eliminación

- Expedientes incompletos o no legibles

3.2.0 Descripción metodológica

Este estudio implicó una revisión exhaustiva de los expedientes obtenidos por el Departamento de Medicina del Deporte y Rehabilitación del Hospital Universitario UANL en la ciudad de Monterrey, Nuevo León.

Los expedientes revisados pertenecen a los jugadores de las categorías Sub-16, Sub-17, Sub-20 y del equipo de primera división profesional de Tigres UANL, correspondientes al periodo de pretemporada 2020-2021.

Los expedientes contenían la historia clínica de cada jugador, así como los resultados de las pruebas de valoración de la capacidad aeróbica y el estado de salud general. Estos datos proporcionaron una visión integral del estado físico y de salud de los jugadores durante el periodo de estudio.

La evaluación de la capacidad aeróbica se realizó con un cálculo indirecto del VO_{2max} utilizando la fórmula descrita por Pugh:

$$VO_{2max} = V_{max} * 3.6565 - 3.999$$

(Pugh, 1970)

Se verificó que se disponga de la información completa del paciente y que se haya realizado la prueba de esfuerzo cumpliendo criterios de maximidad por frecuencia cardíaca mayor a 85% a su frecuencia cardíaca máxima esperada.

La evaluación se llevó a cabo de acuerdo con el protocolo establecido por Kindermann. Este protocolo implica una prueba en una cinta de correr, comenzando con una inclinación del 5% y una velocidad inicial de 6 km/h. Cada tres minutos, se realiza una transición de etapa en la que la velocidad se incrementa en 2 km/h. Con un periodo de reposo de 30 segundos entre etapas donde en algunos casos se toma muestras de sangre para análisis del ácido láctico y para preguntar el esfuerzo percibido al atleta por medio de la escala de BORG.(Kindermann et al., 1980)

El criterio para finalizar la prueba es cuando el sujeto ya no puede mantener la velocidad en la cinta de correr o presenta algún síntoma, fatiga o criterio electrocardiográfico para detención de prueba.

Es esencial que los profesionales de la salud y del deporte tengan en cuenta este protocolo al evaluar la capacidad cardiovascular de los jugadores de fútbol profesional de alto nivel. La prueba de esfuerzo bajo el protocolo de Kindermann proporciona una medida objetiva de la capacidad aeróbica y la recuperación cardíaca, factores clave para el rendimiento óptimo en el fútbol.

Para calcular los índices cardiacos se calcularán mediante la resta de la Frecuencia cardiaca máxima alcanzada – la frecuencia cardiaca al 1er, 3er y 5to minuto. (Suzic Lazic et al., 2017)

La medición antropométrica en el protocolo científico se realiza utilizando el perfil restringido ISAK. Un antropometrista es responsable de la recolección de datos. Este individuo ha demostrado precisión en la toma de medidas específicas que incluyen 2 medidas básicas, 8 pliegues cutáneos, 5 perímetros y 2 diámetros.

Posteriormente se utilizara el método de composición corporal descrito por (Durnin & Womersley, 1974) para estimar el porcentaje de grasa corporal.

El cálculo del porcentaje de grasa corporal implica medir cuatro sitios de pliegues cutáneos, tríceps, bíceps, subescapular y suprailíaco, y sustituir el logaritmo de su suma en una de las siguientes ecuaciones:

Para hombres de 30-39 años: $D = 1.1422 - (0.0544 \times L)$

Para hombres de 40-49 años: $D = 1.1620 - (0.0700 \times L)$

Donde D es la densidad corporal predicha (g/ml), y L es el logaritmo de la suma total de los 4 pliegues cutáneos (mm). El valor de la densidad se puede convertir a porcentaje de grasa corporal utilizando la Ecuación de Siri.

Una vez tomadas las medidas antropométricas, se utilizaron para calcular el somatotipo mediante el método de Heath y Carter. Se usaron las siguientes ecuaciones matemáticas para obtener los tres componentes del somatotipo:

$$\text{Endomorfia} = -0.7182 + 0.1451 \times (X) - 0.00068 \times (X^2) + 0.0000014 \times (X^3)$$

Donde X es la suma de los pliegues tríceps, subescapular y supraespinoso, multiplicados por (170.18/estatura en cm).

Esto se llama endomorfia corregida por la altura y es el método preferido para calcular la endomorfia.

$$\begin{aligned} \text{Mesomorfia} = & 0.858 \times \text{ancho del humero} + 0.601 \times \text{ancho del fémur} + 0.188 \times \\ & \text{circunferencia del brazo corregida} + 0.161 \times \text{circunferencia de la pantorrilla corregida} - \text{altura} \times \\ & 0.131 + 4.5 \end{aligned}$$

Ectomorfia se calcula en función de la relación altura-peso (HWR). Hay tres ecuaciones diferentes:

Si HWR es mayor o igual a 40.75, entonces

$$\text{Ectomorfia} = 0.732 \times \text{HWR} - 28.58$$

Si HWR es menor a 40.75 pero mayor a 38.25, entonces

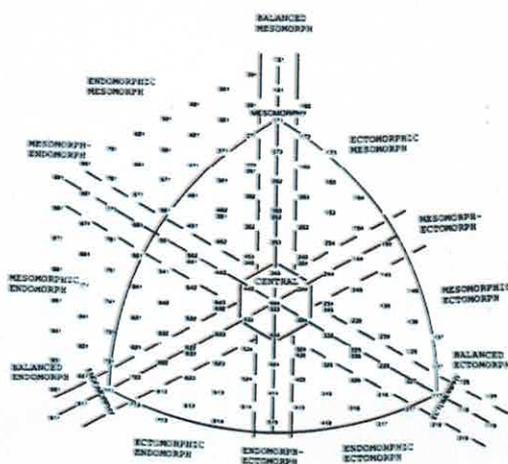
$$\text{Ectomorfia} = 0.463 \times \text{HWR} - 17.63$$

Si HWR es igual o menor a 38.25, entonces

$$\text{Ectomorfia} = 0.1$$

Estas ecuaciones permiten calcular el somatotipo de un individuo, proporcionando una descripción numérica de su forma y composición corporal. (J.E.L. Carter, 2002)

Figura 6 (J.E.L. Carter, 2002)



Esta medición se compara con las variables de recuperación es obtenida por medio de la máquina InBody la cual es un analizador de composición corporal que utiliza la tecnología de bioimpedancia (BIA) para proporcionar medidas precisas y no invasivas de la composición corporal mediante el uso de múltiples frecuencias, para proporcionar una mayor precisión. (Yi et al., 2022)

Una vez corroborado esto, se ingresarán los sujetos a la base de datos para la realización del análisis estadístico.

3.3 Población Estudiada

Se incluyeron 87 jugadores con una edad mediana de 17 años (RIC 16 –21). El 33.3% (n=29) de los jugadores pertenecían a equipos de 1era división, 29.9% (n=26), pertenecían a la categoría sub 16, 19.5% (n=17), a sub 17 y 17.2% (n=15) a sub 18. En la distribución de las posiciones de los jugadores el 29.9% (n=26) de los jugadores eran defensas, 18.4% (n=16) eran delanteros, 21.8% (n=19) medios, 18.4% (n=16) mediocampistas y 11.5% (n=10) porteros.

A la evaluación antropométrica, los jugadores contaban con un peso promedio de 69.75 ± 8.93 kg, una estatura promedio de 176.88 ± 7.13 cm y un IMC promedio de 22.26 ± 1.83 kg/m².

3.4 Consideraciones éticas

Éste se clasifica como un estudio de investigación sin riesgo. Sin embargo, para mantener la confidencialidad de los sujetos de estudio solo tendrán acceso a la base de datos las personas involucradas en el proyecto las cuales se encuentran señaladas en el grupo de trabajo. Los sujetos

de estudio serán identificados por su número de registro en la base de datos. Datos sensibles de los sujetos de estudio no se publicaron en ningún trabajo de publicación relacionado a este proyecto. Se aprobó por los comités de Ética en Investigación y de Investigación del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”.

3.5 Plan de Análisis Estadístico

ESTIMACIÓN DE LA MEDIA EN UNA POBLACIÓN					
$N = \frac{(Z\alpha)^2(\sigma)^2}{\delta^2}$					
		al cuadrado			
valor Z	1.64	2.6896			
sigma	11.3	127.69		n =	85.858756
valor d	2	4			

Se utilizó una fórmula de estimación de la media en una población, con el objetivo primario de: Determinar la asociación entre los índices de recuperación cardiaca y la capacidad aeróbica de los jugadores profesionales de fútbol de un equipo del norte de México

Esperando una media de 81.3 ± 11.3 de HRR3 en jugadores profesionales de fútbol con una significancia unilateral del 5%, y un poder del 95%, se necesitan por lo mínimo 86 sujetos de estudio.

Los parámetros fueron establecidos en base a esta referencia: Suzic Lazic, Jelena et al. “Heart rate recovery in elite athletes: the impact of age and exercise capacity.” *Clinical physiology and functional imaging* vol. 37,2 (2017): 117-123. doi:10.1111/cpf.12271

4.0 Resultados

Tabla 1. Características de la Población

	Población total (n=87)
Categoría	
Sub16 (n.ºa)	26 (29.9)
Sub18 (n.ºa)	17 (19.5)
Sub20 (n.ºa)	15 (17.2)
Primer división (n.ºa)	29 (33.3)
Posición	
Defensa (n.ºa)	26 (29.9)
Delantero (n.ºa)	16 (18.4)
Mediocampista (n.ºa)	35 (40.22)
Portero (n.ºa)	10 (11.5)
Edad (media, DE)	19.74 (±5.29)
Frecuencia cardíaca en reposo (media, DE)	60.45 (±10.26)
Frecuencia cardíaca máxima esperada (mediana, RIC) lpm	203 (199 – 204)
Frecuencia cardíaca máxima alcanzada (mediana, RIC) lpm	200 (192 – 207)
Frecuencia cardíaca al minuto (media, DE) lpm	154.82 (±16.21)
Frecuencia cardíaca a los 3 minutos (media, DE) lpm	117.1 (±13.84)
Frecuencia cardíaca a los 5 minutos (media, DE) lpm	109.15 (±13.04)
HRR1 (mediana, RIC) latidos cardiacos	43 (35 – 50)
HRR3 (media, DE) latidos cardiacos	81.74 (±10.9)
HRR5 (media, DE) latidos cardiacos	89.69 (±9.6)
VO ₂ Máximo Relativo (media, DE) ml/kg/min	54.03 (±2.4)
Peso (media, DE) en kg	69.75 (±8.93)
Altura (media, DE) en cm	176.88 (±7.15)
% Grasa corporal por impedancia (media, DE)	10.24 (±3.19)
IMC (media, DE)	22.26 (±1.83) kg m ²
Endo (mediana, RIC)	1.8 (1.5 – 2.3)
Meso (media, DE)	4.05 (±1.12)
Ecto (media, DE)	2.96 (±0.88)

HRR1: Índice de recuperación cardíaca al minuto; HRR3: Índice de recuperación cardíaca a los 3 minutos; HRR5: Índice de recuperación cardíaca a los 5 minutos

La frecuencia cardíaca en reposo promedio entre los jugadores fue de 60.45 ± 10.26 latidos por minuto. Después de la realización de la prueba de esfuerzo, la frecuencia cardíaca máxima alcanzada fue de 200 latidos por minuto (RIC 192 – 207). En la evaluación de la recuperación cardíaca, la frecuencia cardíaca al minuto promedio fue de 154.82 ± 16.21 lpm; a los 3 minutos fue de 117.1 ± 13.84 lpm y a los 5 minutos fue de 109.15 ± 13.04 lpm. La mediana de VO₂ máximo relativo fue de 54.51 ml/kg/min (RIC 52.56 – 55.85).

Índices de recuperación cardiaca y VO₂ Máximo relativo

Se evaluó la correlación entre la capacidad aeróbica y los índices de recuperación cardiaca al minuto, 3 minutos y 5 minutos, se encontraron correlaciones negativas débiles; sin embargo, no se encontraron asociaciones estadísticamente significativas entre la capacidad aeróbica y la recuperación cardiaca al minuto ($r = -0.001$, $p = 0.992$), a los 3 minutos ($r = -0.003$, $p = 0.979$) ni a los 5 minutos ($r = -0.093$, $p = 0.391$).

	SUB 20 (n=15)	SUB 18 (n=17)	SUB 16 (n=26)	Primera división (n=29)	p valor
VO₂ Máximo Relativo (mediana, RIC)	55.35 (52.88 – 55.72)	54.51 (53.18 – 55.57)	54.51 (54.13 – 55.67)	54.51 (51.11 – 56.05)	0.941

Índices de recuperación cardiaca y composición corporal

Se evaluó la correlación entre el índice de recuperación cardiaca al minuto y la composición corporal de los jugadores. No se encontraron correlaciones estadísticamente significativas entre el índice de recuperación cardiaca al minuto y el peso ($r = 0.064$, $p = 0.556$), altura ($r = -0.009$, $p = 0.935$), porcentaje de grasa corporal por plicometría ($r = 0.070$, $p = 0.522$), porcentaje de grasa corporal por impedancia ($r = 0.119$, $p = 0.274$), IMC ($r = 0.106$, $p = 0.328$), Endo ($r = 0.064$, $p = 0.556$), Meso ($r = 0.057$, $p = 0.601$), Ecto ($r = -0.153$, $p = 0.156$).

En la evaluación de correlación entre el índice de recuperación cardiaca a los 3 minutos y la composición corporal de los jugadores; no se encontraron correlaciones estadísticamente significativas entre el índice de recuperación cardiaca a los 3 minutos y el peso ($r = -0.143$, $p = 0.186$), altura ($r = -0.139$, $p = 0.199$), porcentaje de grasa corporal por plicometría ($r = -0.068$, $p = 0.534$), porcentaje de grasa corporal por impedancia ($r = 0.027$, $p = 0.807$), IMC ($r = -0.089$, $p = 0.411$), Endo ($r = 0.005$, $p = 0.966$), Meso ($r = -0.051$, $p = 0.641$), Ecto ($r = 0.036$, $p = 0.811$).

En la evaluación de la correlación entre el índice de recuperación cardiaca a los 5 minutos y la composición corporal de los jugadores; no se encontraron correlaciones estadísticamente significativas entre el índice de recuperación cardiaca a los 5 minutos y el peso ($r = -0.092$, $p = 0.397$), altura ($r = -0.115$, $p = 0.289$), porcentaje de grasa corporal por plicometría ($r = -0.105$, $p = 0.332$), porcentaje de grasa corporal por impedancia ($r = 0.027$, $p = 0.804$), IMC ($r = -0.027$, $p = 0.807$), Endo ($r = -0.024$, $p = 0.823$), Meso ($r = -0.019$, $p = 0.863$), Ecto ($r = -0.014$, $p = 0.894$).

Tabla 2. Correlaciones entre índices de recuperación cardiaca y composición corporal

		Peso	Altura	% Grasa corporal (P)	% Grasa corporal (I)	IMC	Endo	Meso	Ecto
HRR1	Coefficiente de correlación	0.064*	-0.009*	0.070*	0.119*	0.106*	0.064*	0.057*	-0.153*
	P	0.556	0.935	0.522	0.274	0.328	0.556	0.601	0.156
HRR3	Coefficiente de correlación	-0.143*	-0.139*	-0.068*	0.027*	-0.089*	0.005*	-0.051*	0.026*
	P	0.186	0.199	0.534	0.807	0.411	0.966	0.641	0.811
HRR5	Coefficiente de correlación	-0.092*	-0.115*	-0.105*	0.027*	-0.027*	-0.024*	-0.019*	-0.014*
	P	0.397	0.289	0.332	0.804	0.807	0.823	0.863	0.894

HRR1: Índice de recuperación cardiaca al minuto; HRR3: Índice de recuperación cardiaca a los 3 minutos; HRR5: Índice de recuperación cardiaca a los 5 minutos
 *Coeficiente de correlación de Pearson
 †Coeficiente de correlación de Spearman

Índices de recuperación cardiaca y posición de juego

No se encontraron asociaciones estadísticamente significativas entre la posición de juego y el índice de recuperación cardiaca al minuto ($p = 0.899$), a los 3 minutos ($p = 0.971$) o a los 5 minutos ($p = 0.987$). un valor de p superior o igual a 0.05 nos habla de no significancia estadística.

POSICION	Average of HRR1	Average of HRR3	Average of HRR5
DEFENSA	54.5	83.69	114
DELANTERO	43.31	81.63	90.44
MEDIO	46	87	89
MEDIOCAMPISTA	49.74	82.29	105.41
PORTERO	43.1	80.4	89.5
Grand Total	49.17	82.43	103.21

Tabla comparativa entre índices de recuperación cardiaca en lpm en el primer, tercer y quinto minuto por posición.

5.0 Discusión

El objetivo principal de esta investigación fue buscar una asociación entre los índices de recuperación cardíaca al primer, tercer y quinto minuto con la capacidad aeróbica de jugadores profesionales de fútbol mediante la realización de una prueba de esfuerzo máximo.

Nuestro estudio encontró una correlación débil negativa entre el HRR1 y el VO_{2max} que concuerda con los hallazgos de Suzic Lazic et al. (2017) en este artículo los autores reportan que la causa de este efecto es/puede ser explicado por la madurez/inmadurez del sistema autonómico de los pacientes jóvenes y el mayor tiempo que llevan entrenando los atletas de primera división comparado con los atletas de las categorías sub. La madurez del sistema autonómico se rige por una serie de factores tanto fisiológicos como factores ambientales y psicosociales.

Suzic Lazic et al. (2017) reportan resultados que muestran una correlación positiva significativa entre HRR1 y la edad. Sin embargo, no encontraron relaciones significativas entre la edad y HRR3. Además, HRR1 mostró una correlación positiva con el contenido de grasa corporal, y una correlación negativa con el $VO_{2\text{ máx}}$.

No encontramos una Asociación entre el $VO_{2\text{ máx}}$ y el HRR3 como mencionan en la literatura, alguna de los factores que pudieron haber influido en la discrepancia de resultados, es los diferentes niveles de preparación de los atletas ya que estos se encontraban en periodos precompetitivo, pudiendo encontrarse en un estado de acondicionamiento deficiente.

El control de los factores ambientales durante la prueba de esfuerzo nos permite la replicabilidad, sin embargo, la utilización de distintos protocolos en los estudios que reportan esta asociación pudiera influenciar la comparación de los resultados obtenidos por (Esposito et al., 2004; Suzic Lazic et al., 2017).

No se encontraron estudios tomando en cuenta el HRR5 en los jugadores de fútbol profesionales, por lo que sería necesario la realización de más estudios de esta índole para buscar una asociación o descartarla.

Buchheit and Gindre (2006) no encontraron relación entre Índices de aptitud cardiorrespiratoria y recuperación de la frecuencia cardíaca. Contrastando con los resultados de Suzic Lazic et al. (2017) mostrando las dificultades de la utilización de los índices de recuperación cardíaca como marcador de capacidad aeróbica, se le puede atribuir estas diferencias a las distintas adaptaciones fisiológicas que suelen acompañar al entrenamiento y al estado autonómico del paciente, no a la capacidad aeróbica, ni a factores genéticos asociados.

Buchheit and Gindre (2006) sugieren la utilización de los índices de recuperación como una herramienta para valorar cambios a corto plazo del funcionamiento autonómico de los jugadores y podría reflejar de mejor manera la carga de entrenamiento que está siendo aplicada al jugador.

Los objetivos secundarios de este trabajo buscaban una asociación entre la composición corporal, variables antropométricas y los índices de recuperación cardíaca al primer, tercer y quinto minuto.

Campos, (2012) reportan una relación negativa entre el porcentaje de grasa corporal y el total de grasa corporal con el índice de recuperación al primer minuto, indicando que a mayor cantidad de grasa tenga el individuo se verá mermado el HRR1.

Sin embargo, no encontramos una relación estadísticamente significativa en este estudio, la homogeneidad de la población en cuanto a su composición corporal, pudiese ser un factor por el cual no se comprobó dicha asociación, el tipo de análisis estadístico pudiese no ser el óptimo para la evaluación de estas variables biológicas.

La composición corporal también es un reflejo de distintos factores que afectaran el rendimiento desde su nivel de entrenamiento, sus adaptaciones fisiológicas a dicho entrenamiento por lo que es necesario continuar con el estudio de estas relaciones ya que representan herramientas aplicables sencillas. Por lo que es importante sentar una base para continuar el desarrollo e investigación de la aplicación de dichas mediciones para buscar el rendimiento optimo del atleta.

El objetivo secundario también consistía en encontrar diferencias en los perfiles aeróbicos de los jugadores dependientes de sus distintas posiciones, con la teoría que aquellos jugadores que realizan una mayor cantidad de actividades de alta intensidad tendrían índices de recuperación cardiaca más rápidos que les facilitaría cumplir su rol dentro del campo. Sin embargo, no se encontró evidencia de una asociación entre la posición y los respectivos índices de recuperación cardiaca.

Bonaiuto et al. (2012) reportaron que el HRR1 fue significativamente más lento (20.53 DE 6.67) entre los porteros en comparación con otros roles (HRR1 30.7 DE 6.62; $P < 0.01$). También hubo diferencias significativas entre los valores de HRR1 de los delanteros (27.11 DE 4.04), mediocampistas (HRR1 31.31 DE 7.43) y defensores (HRR1 32.10 DE 9.55).

Esta discrepancia se podría atribuir a la herramienta con la que se analizó estadísticamente la muestra, a la diferencia de edad y estado entrenamiento entre los distintos participantes que realizaron la prueba de esfuerzo, el periodo previo a su pretemporada también puede influir el estado de capacidad física del jugador por lo que es necesario realizar estudios con una muestra más específica y evaluar el momento indicado ya sea posterior a la realización de una pretemporada o al terminar una temporada para analizar esta asociación. En búsqueda de la formación de un perfil específico asociado al rol y posición que desempeñara el jugador en el terreno, permitiendo una planificación efectiva del entrenamiento haciendo énfasis en las

cualidades que se buscan desarrollar de manera individualizada. Tomando en cuenta que el entrenamiento tiende a ser generalizado en la mayor parte excepto en lo técnico táctico.

7.0 Conclusión

Este estudio se centró en investigar la asociación entre los índices de recuperación cardiaca al primer, tercer y quinto minuto con la capacidad aeróbica y las variables antropométricas. Los resultados indicaron que no se encontró una asociación significativa entre estos factores.

En nuestro estudio, no se encontró una asociación significativa entre los índices de recuperación cardiaca al primer, tercer y quinto minuto y la capacidad aeróbica o las variables antropométricas.

Esto sugiere que aunque la recuperación cardiaca y la capacidad aeróbica son ambos indicadores importantes de la salud cardiovascular, pueden estar influenciados por diferentes factores y no necesariamente se correlacionan entre sí. Por lo tanto, es importante considerar estos factores de manera independiente al evaluar la salud cardiovascular de un individuo.

Además, nuestros hallazgos resaltan la importancia de realizar más investigaciones en esta área. Futuros estudios podrían explorar más a fondo las razones de esta falta de asociación y examinar si otros factores podrían influir en la relación entre la recuperación cardiaca y la capacidad aeróbica.

8.0 Anexos

Clave de Registro ante comité de investigación.

 UANL UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN		 FACULTAD DE MEDICINA Y HOSPITAL UNIVERSITARIO							
DR. med. OSCAR SALAS FRAIRE Investigador Principal Departamento de Medicina del Deporte y Rehabilitación. Hospital Universitario "Dr. José Eleuterio González" Presente -									
Estimado Dr. med. Salas									
<p>En respuesta a su solicitud con número de ingreso PI23-00232 con fecha del 14 de julio de 2023, recibida en las oficinas de la Secretaría de Investigación Clínica de la Subdirección de Investigación, se extiende la siguiente notificación con fundamento en el artículo 41 BIS de la Ley General de Salud, los artículos 14 inciso VII, 99 inciso I, 102, 109 y 112 del Decreto que modifica a la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la salud publicado el día 2 de abril del 2014, además de lo establecido en los puntos 4.4, 6.2, 6.3.2.8, 8 y 9 de la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012, que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos; así como por el Reglamento interno de Investigación de nuestra Institución.</p>									
<p>Se le informa que el Comité a mi cargo ha determinado que su proyecto de investigación clínica abajo mencionado cumple con los aspectos éticos necesarios para garantizar el bienestar y los derechos de los sujetos de investigación que la sociedad mexicana demanda, por lo cual ha sido APROBADO.</p>									
<p>Titulado "ASOCIACION ENTRE INDICES DE RECUPERACION CARDIACA CON CAPACIDAD AEROBICA EN EL JUGADOR DE FUTBOL PROFESIONAL".</p>									
<p>De igual forma el (los) siguiente(s) documento(s)</p>									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE DEL DOCUMENTO</th> <th>VERSIÓN</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Protocolo Escrito en Extenso</td> <td>V2 0</td> <td>SEPTIEMBRE 23</td> </tr> </tbody> </table>		NOMBRE DEL DOCUMENTO	VERSIÓN	FECHA	Protocolo Escrito en Extenso	V2 0	SEPTIEMBRE 23		
NOMBRE DEL DOCUMENTO	VERSIÓN	FECHA							
Protocolo Escrito en Extenso	V2 0	SEPTIEMBRE 23							
<p>Por lo tanto, usted ha sido autorizado para realizar dicho estudio en el Departamento de Medicina del Deporte y Rehabilitación del Hospital Universitario como Investigador Responsable. Su proyecto aprobado ha sido registrado con la clave MD23-00002. La vigencia de aprobación de este proyecto es al día 11 de septiembre de 2024.</p>									
<p>Participando además el Dr. Luis Fernando Sandoval Arellano como tesista, Dr. M.C. Tomás Javier Martínez Cervantes y el estudiante Miguel Emanuel Navarrete Juárez como Co-Investigadores</p>									
<p>Toda vez que el protocolo original, así como la carta de consentimiento informado o cualquier documento involucrado en el proyecto sufran modificaciones, éstas deberán someterse para su re-aprobación.</p>									
<p>Será nuestra obligación realizar visitas de seguimiento a su sitio de investigación para que todo lo anterior se encuentre debidamente consignado. En caso de no apegarse, este Comité tiene la autoridad de suspender temporal o definitivamente la investigación en curso, todo esto con la finalidad de resguardar el bienestar y seguridad de los sujetos en investigación.</p>									
Comité de Investigación Av. Francisco I. Madero y Av. Gonzálitos s/n, Col. Mitras Centro, C.P. 64460, Monterrey, N.L. México Teléfonos 818326 4050, Ext. 2870 a 2874 Correo Electrónico: investigacionclinica@meduanl.com		 Septiembre 18, 2017							



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE MEDICINA Y HOSPITAL UNIVERSITARIO

El proyecto aprobado será revisado:

1. Al menos una vez al año, en base a su naturaleza de investigación.
2. Cuando cualquier enmienda pudiera o claramente afecte calidad técnica, el mérito científico y/o en la conducción del estudio.
3. Cualquier evento o nueva información que pueda afectar la proporción de beneficio/riesgo del estudio.
4. Así mismo llevaremos a cabo auditorías por parte de la Coordinación de Control de Calidad en Investigación aleatoriamente o cuando el Comité lo solicite.
5. Toda revisión será sujeta a los lineamientos de las Buenas Prácticas Clínicas en Investigación, la Ley General de Salud, el Reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud, la NOM-012-SSA3-2012, el Reglamento Interno de Investigación de nuestra Institución, así como las demás regulaciones aplicables.

Atentamente.

"Aere Flammam Veritatis"

Monterrey, Nuevo León a 11 de septiembre de 2023


DR. C. GUILLERMO ESPINOZA ROJAS
 Presidente del Comité de Investigación

COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN
COMITÉ DE INVESTIGACIÓN

Comité de Investigación

Av. Francisco I. Madero y Av. Gonzalitos s/n, Col. Mitras Centro, C.P. 64460, Monterrey, N.L. México
 Teléfonos: 81 8329 4060, Ext. 2670 e 2674. Correo Electrónico: investigacionclinica@meduanel.com



Septiembre 11, 2023

9.0 RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Dr. Luis Fernando Sandoval Arellano

Candidato para el Grado de Especialista en Medicina del Deporte y Rehabilitación

Física.

Tesis: Asociación entre índices de recuperación cardiaca con capacidad aeróbica en el jugador de fútbol profesional

Campo de Estudio: Ciencias de la Salud

Biografía:

Datos Personales: Nacido en Tijuana, Baja California el 19 de diciembre de 1991; hijo de

María Teresa Arellano Velarde y Heberto Sandoval López.

Educación: Egresado de la Universidad Autónoma de Nuevo León, grado obtenido de

Médica Cirujano y Partero en 2016.

BIBLIOGRAFIA

- Balady, G. J., Arena, R., Sietsema, K., Myers, J., Coke, L., Fletcher, G. F., Forman, D., Franklin, B., Guazzi, M., Gulati, M., Keteyian, S. J., Lavie, C. J., Macko, R., Mancini, D., & Milani, R. V. (2010). Clinician's Guide to Cardiopulmonary Exercise Testing in Adults. *Circulation*, 122(2), 191-225. <https://doi.org/doi:10.1161/CIR.0b013e3181e52e69>
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci*, 24(7), 665-674. <https://doi.org/10.1080/02640410500482529>
- Barbosa Lins, T. C., Valente, L. M., Sobral Filho, D. C., & Barbosa e Silva, O. (2015). Relation between heart rate recovery after exercise testing and body mass index. *Rev Port Cardiol*, 34(1), 27-33. <https://doi.org/10.1016/j.repc.2014.07.006>
- Board., I. F. A. (2007). *Reglas del Juego 2007/2008*. Fédération International de Football Association
- Bonaiuto, M., Di Mauro, D., Speciale, F., Pagano, F., Buda, D., Vita, G., Magaudo, L., & Trimarchi, F. (2012). Evaluation of heart rate recovery in relation to playing position in professional soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 52(6), 583-588.
- Buchheit, M., & Gindre, C. (2006). Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 291(1), H451-H458. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00008.2006>
- Carrard, J., Rigort, A. C., Appenzeller-Herzog, C., Colledge, F., Königstein, K., Hinrichs, T., & Schmidt-Trucksäss, A. (2022). Diagnosing Overtraining Syndrome: A Scoping Review. *Sports Health*, 14(5), 665-673. <https://doi.org/10.1177/19417381211044739>

- Dellal, Wong, D. P., Moalla, W., & Chamari, K. (2010). Physical and technical activity of soccer players in the French First League – with special reference to their playing position. *INTERNATIONAL SPORTMED JOURNAL*, 11, 278-290.
- Durnin, J. V., & Womersley, J. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr*, 32(1), 77-97. <https://doi.org/10.1079/bjn19740060>
- Esposito, F., Impellizzeri, F. M., Margonato, V., Vanni, R., Pizzini, G., & Veicsteinas, A. (2004). Validity of heart rate as an indicator of aerobic demand during soccer activities in amateur soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 93(1), 167-172. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1192-4>
- FIFA. (2007). *Las Islas Británicas, el hogar del fútbol*. FIFA. Retrieved 30 from <http://es.fifa.com/classicfootball/history/game/historygame2.html>
- Gustafsson, H., Holmberg, H.-C., & Hassmén, P. (2008). An elite endurance athlete's recovery from underperformance aided by a multidisciplinary sport science support team. *European Journal of Sport Science*, 8(5), 267-276. <https://doi.org/10.1080/17461390802195652>
- J.E.L. Carter, P. D. (2002). THE HEATH-CARTER ANTHROPOMETRIC SOMATOTYPE - INSTRUCTION MANUAL.
- Kindermann, W., Schramm, M., & Keul, J. (1980). Aerobic Performance Diagnostics with Different Experimental Settings. *International Journal of Sports Medicine*, 01, 110 - 114.
- Kiuchi, M. G., Nolde, J. M., Villacorta, H., Carnagarin, R., Chan, J. J. S.-Y., Lugo-Gavidia, L. M., Ho, J. K., Matthews, V. B., Dwivedi, G., & Schlaich, M. P. (2019). New Approaches in the Management of Sudden Cardiac Death in Patients with Heart Failure—Targeting the Sympathetic Nervous System. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(10), 2430. <https://www.mdpi.com/1422-0067/20/10/2430>

- Matos, N. F., Winsley, R. J., & Williams, C. A. (2011). Prevalence of nonfunctional overreaching/overtraining in young English athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 43(7), 1287-1294. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318207f87b>
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2015). *Exercise physiology : nutrition, energy, and human performance* (8th ed ed.). Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins Baltimore.
- Medicine, A. C. o. S. (2013). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Lippincott williams & wilkins.
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., Raglin, J., Rietjens, G., Steinacker, J., & Urhausen, A. (2013). Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc*, 45(1), 186-205. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318279a10a>
- Pugh, L. G. (1970). Oxygen intake in track and treadmill running with observations on the effect of air resistance. *J Physiol*, 207(3), 823-835. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1970.sp009097>
- Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Azzalin, A., Ferrari Bravo, D., & Wisløff, U. (2008). Effect of match-related fatigue on short-passing ability in young soccer players. *Med Sci Sports Exerc*, 40(5), 934-942. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181666eb8>
- Saeidi, A. (2016). Physical and physiological demand of soccer player based on scientific research. *International Journal of Applied Science in Physical Education*, 2, 9-22.
- Schneider, C., Hanakam, F., Wiewelhove, T., Döweling, A., Kellmann, M., Meyer, T., Pfeiffer, M., & Ferrauti, A. (2018). Heart Rate Monitoring in Team Sports—A Conceptual Framework for Contextualizing Heart Rate Measures for Training and Recovery Prescription [Technology Report]. *Frontiers in Physiology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00639>

- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Med*, 35(6), 501-536. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535060-00004>
- Suzic Lazic, J., Dekleva, M., Soldatovic, I., Leischik, R., Suzic, S., Radovanovic, D., Djuric, B., Nestic, D., Lazic, M., & Mazic, S. (2017). Heart rate recovery in elite athletes: the impact of age and exercise capacity. *Clin Physiol Funct Imaging*, 37(2), 117-123. <https://doi.org/10.1111/cpf.12271>
- Yi, Y., Baek, J. Y., Lee, E., Jung, H.-W., & Jang, I.-Y. (2022). A Comparative Study of High-Frequency Bioelectrical Impedance Analysis and Dual-Energy X-ray Absorptiometry for Estimating Body Composition. *Life*, 12(7), 994. <https://www.mdpi.com/2075-1729/12/7/994>