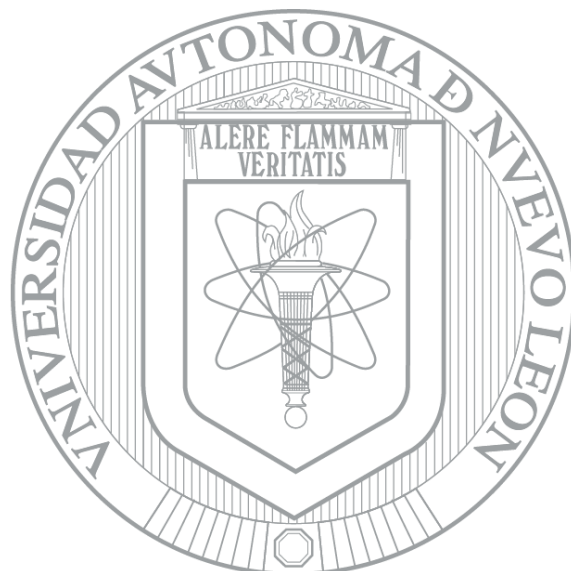


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**



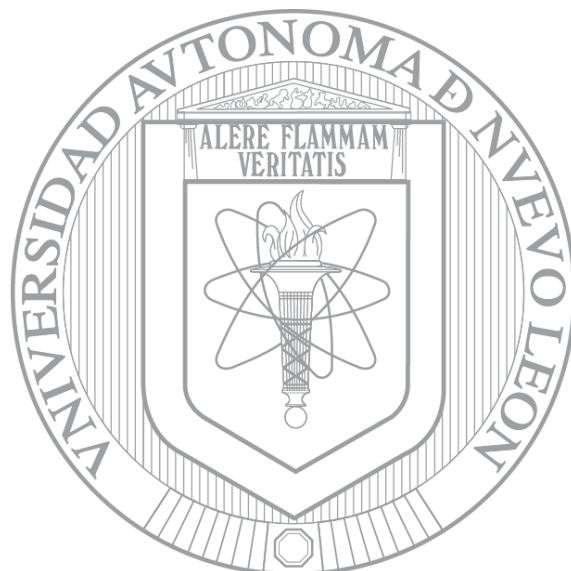
**CAPACIDAD FÍSICA Y COMPOSICIÓN CORPORAL EN JUGADORES DE
FÚTBOL AMERICANO**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA**

**PRESENTA:
JOSE OMAR LAGUNES CARRASCO**

Noviembre, 2018

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**



**CAPACIDAD FÍSICA Y COMPOSICIÓN CORPORAL EN JUGADORES DE
FÚTBOL AMERICANO**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA**

PRESENTA:

JOSE OMAR LAGUNES CARRASCO

DIRECTORES DE TESIS:

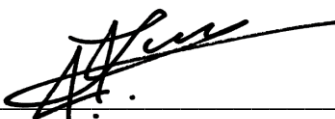
DR. LUIS ENRIQUE CARRANZA GARCÍA

DR. ERIK RAMÍREZ LÓPEZ

DR. RICARDO NAVARRO OROCIO

Noviembre, 2018

Dr. Luis Enrique Carranza García, como director de tesis interno de la Facultad de Organización Deportiva, acredita que el trabajo de tesis doctoral del **C. Jose Omar Lagunes Carrasco**, titulado **“CAPACIDAD FÍSICA Y COMPOSICIÓN CORPORAL EN JUGADORES DE FÚTBOL AMERICANO”** se ha revisado y concluido satisfactoriamente, bajo los estatutos y lineamientos marcados en la guía de la escritura de tesis de doctorado, propuesta por el comité doctoral de nuestra facultad, recomendando dicha tesis para su defensa con opción al grado de **Doctor en Ciencias de la Cultura Física**.



Dr. Luis Enrique Carranza García
DIRECTOR DE TESIS



Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero
Subdirectora de Posgrado de la FOD

Dr. Erik Ramírez López, como director de tesis externo de la Facultad de Salud Pública y Nutrición, de la Universidad Autónoma de Nuevo León, acredita que el trabajo de tesis doctoral del **C. Jose Omar Lagunes Carrasco**, titulado **“CAPACIDAD FÍSICA Y COMPOSICIÓN CORPORAL EN JUGADORES DE FÚTBOL AMERICANO”** se ha revisado y concluido satisfactoriamente, bajo los estatutos y lineamientos marcados en la guía de la escritura de tesis de doctorado, propuesta por el comité doctoral de nuestra facultad, recomendando dicha tesis para su defensa con opción al grado de **Doctor en Ciencias de la Cultura Física**.



Dr. Erik Ramírez López
DIRECTOR DE TESIS



Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero
Subdirectora de Posgrado de la FOD

Dr. Ricardo Navarro Orcio, como director de tesis interno de la Facultad de Organización Deportiva de la Universidad Autónoma de Nuevo León, acredita que el trabajo de tesis doctoral del **C. Jose Omar Lagunes Carrasco**, titulado **“CAPACIDAD FÍSICA Y COMPOSICIÓN CORPORAL EN JUGADORES DE FÚTBOL AMERICANO”** se ha revisado y concluido satisfactoriamente, bajo los estatutos y lineamientos marcados en la guía de la escritura de tesis de doctorado, propuesta por el comité doctoral de la Facultad de Organización Deportiva, recomendando dicha tesis para su defensa con opción al grado de **Doctor en Ciencias de la Cultura Física**.



Dr. Ricardo Navarro Orcio
DIRECTOR DE TESIS



Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero
Subdirectora de Posgrado de la FOD

“Capacidad física y composición corporal en jugadores de fútbol americano”

Presentado por:

C. Jose Omar Lagunes Carrasco

El presente trabajo fue realizado en la Facultad de Organización Deportiva de la Universidad Autónoma de Nuevo León, bajo la dirección del Dr. Luis Enrique Carranza García, Dr. Erik Ramírez López y Dr. Ricardo Navarro Orocio, como requisito para optar al grado de Doctor en Ciencias de la Cultura Física, programa en conjunto con la Facultad de Ciencias de la Cultura Física de la Universidad Autónoma de Chihuahua.



Dr. Luis Enrique Carranza García
DIRECTOR DE TESIS



Dr. Erik Ramírez López
DIRECTOR DE TESIS



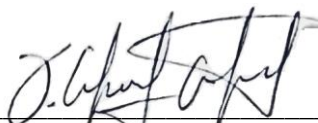
Dr. Ricardo Navarro Orocio
DIRECTOR DE TESIS



Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero
Subdirectora de Posgrado de la FOD

“CAPACIDAD FÍSICA Y COMPOSICIÓN CORPORAL EN JUGADORES DE FÚTBOL AMERICANO”, del sustentante C. Jose Omar Lagunes Carrasco, es aprobada para su defensa por el tribunal que deliberará como jurado en el examen de grado a doctor.

Aprobación del Jurado de examen:



Dr. Fernando Alberto Ochoa Ahmed
Facultad de Organización Deportiva, UANL
Presidente



Dr. Ricardo López García
Facultad de Organización Deportiva, UANL
Secretario



Dra. María Cristina Enríquez Reyna
Facultad de Organización Deportiva, UANL
Vocal 1



Dra. Brenda González Hernández
Facultad de Biología, UANL
Vocal 2



Dra. Rossana Tamara Medina Valencia
Facultad de Ciencias de la Educación,
U. de C.
Vocal 3



Dr. José Leandro Tristán Rodríguez
Facultad de Organización Deportiva, UANL
Suplente



Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero
Subdirectora de Posgrado de la FOD

...La satisfacción radica en el esfuerzo, no en el logro. El esfuerzo total es una victoria completa...
Mahatma Gandhi

DEDICATORIA

Principalmente a DIOS por colocar en mi camino a personas que me han guiado a estudiar y culminar este grado.

A mis padres porque en todo momento han apoyado y respetado mis decisiones. Por el impulso a la formación educativa, por el simple hecho de ser mis padres merecen mi más sincero agradecimiento y respeto. Mis hermanas y hermano.

A mis padrinos Arq. Raúl Mario Castellón y Rosa María Romero Sánchez, por creer en mí, por escucharme, por ser un gran ejemplo a seguir. En ustedes tengo un espejo en el cual me quiero reflejar. Les dedico con mucho cariño esta tesis, producto de su apoyo incondicional moral y financiero.

A mis familias regiomontanas “Sánchez Aranda” y “Fernández Cisneros” que siempre se han preocupado para que mi estancia en Monterrey sea grata. Gracias por escucharme, sus consejos, su paciencia, su apoyo, por incluirme en sus familias y por siempre estar ahí cuando los necesito.

A mis abuelas que siempre llevo en mi mente y corazón. A mi mamá Leonor que durante mi formación básica se preocupó por que obtuviera una base sólida.

A la familia “Andrade López” que siempre me han apoyado y motivado a seguir creciendo como persona y profesional.

A mis amigos que han visto mi crecimiento personal y profesional.

A Todos ustedes por mostrar su buen corazón que me lleva a admirarlos cada día más.

AGRADECIMIENTOS

Estoy muy satisfecho y contento con la labor que han desempeñado mis asesores Dr. Luis Enrique Carranza García y Dr. Erik Ramírez López, agradezco su paciencia, comprensión, sus consejos, su apoyo, por compartir sus conocimientos, por motivarme a mejorar día con día y por ser más que mis asesores..., mis amigos.

Al Dr. Ricardo Navarro Orocio por su apoyo en la revisión de la estructura y ortografía de la tesis.

Al head coach M.A. Juan Antonio Zamora Montemayor de Auténticos Tigres por su apoyo para la realización del proyecto de investigación con el equipo Mayor. También agradecemos el apoyo del MAFyD. Paul Ramírez por gestionar la solicitud con el head coach y estar al tanto de la logística de la realización de las pruebas físicas, así como también, a todo el cuerpo técnico.

También agradecemos al Dr. Fernando Ochoa Ahmed por todas las aportaciones y sugerencias que hizo a la tesis con respecto a la capacidad física, durante los 6 coloquios de investigación del doctorado. Al Dr. Ricardo López por su aportación con respecto a la composición corporal de esta tesis doctoral. Y a la Dra. María Rosa Alfonso García por sus aportaciones en cuanto a la estructura, redacción y sintaxis de la tesis.

A Romario Jiménez quien estuvo muy de cerca en este proyecto contribuyendo y apoyándonos en las mediciones de las pruebas físicas, estoy muy agradecido con su apoyo moral y laboral.

Agradecemos también el apoyo de todas las personas que colaboraron en la recolección y captura de los datos. El aprendizaje y experiencia que obtuvimos todos fue muy grato.

Capacidad física y composición corporal en jugadores de fútbol americano

Resumen

Antecedentes: La capacidad física y la composición corporal juegan un papel muy importante en el rendimiento deportivo.

Objetivo: determinar la capacidad física, composición corporal y diseñar ecuaciones para estimar el % de grasa y masa libre de grasa en jugadores de fútbol americano que compiten al máximo nivel en México.

Metodología: noventa y un jugadores mexicanos de fútbol americano de 22.4 ± 1.7 años, de 95.2 ± 20.0 kg de peso y 179.2 ± 6.4 cm de altura, fueron divididos en tres grupos: jugadores linieros, jugadores de habilidad y grandes jugadores de habilidad. Se midió la composición corporal con DEXA, pletismografía por desplazamiento de aire y antropometría para estimar el porcentaje de grasa y masa magra, además se realizó un análisis de regresión para elaborar ecuaciones para estimar el % de grasa y la masa magra, también se evaluó el tiempo en un esprín de 40 yardas, agilidad en 3-cone drill y pro-drill, salto vertical y salto horizontal, así como la carga máxima (1RM) en sentadilla, prensa de pecho y power clean.

Resultados: Se encontraron diferencias en los tres grupos en el: peso, IMC, % de grasa, masa magra y contenido mineral óseo. Los linieros son más altos y con mayor % de grasa que los jugadores de habilidad y grandes de habilidad ($p \leq .0167$). Los jugadores de habilidad son los jugadores más rápidos y ágiles ($p \leq .0167$). Los linieros tienen más elevado el 1RM en sentadilla y prensa de pecho que los jugadores grandes de habilidad y de habilidad ($p \leq .0167$), pero no en power clean (p

> .0167). Con la sumatoria de 3 pliegues (pliegue abdominal, pliegue de pantorrilla y pliegue supraespinal) se estableció la ecuación: % grasa = $0.265 + 0.328 \times \text{SUMPL}^a$ con una $R^2 = 0.83$ y un error de 2.80. Para estimar la masa magra se incluyó el pliegue abdominal, pliegue subescapular y pliegue supraespinal (masa magra = $87.742 - 0.226 \times \text{PLAB} - 0.194 \times \text{PLSUBE} - 0.331 \times \text{PLSU}$), con $R^2 = 91\%$ y un error de 1.97.

Conclusión: Existen diferencias entre los jugadores de acuerdo con la posición de juego, tanto en la composición corporal como en la capacidad física, han sido desarrolladas ecuaciones específicas para determinar el % de grasa y masa magra en jugadores mexicanos de fútbol americano.

Palabras clave: fútbol americano, composición corporal, ecuaciones antropométricas, capacidad física.

Physical capacity and body composition in football players

Abstract

Background: Physical capacity and body composition play a very important role in the conception of sports performance.

Aim: determine physical capacity, body composition and design equations to estimate % fat and lean mass in football players compete at the highest level in Mexico.

Methodology: Ninety-one Mexican football players of 22.4 ± 1.7 years old, 95.2 ± 20.0 kg of body weight and 179.2 ± 6.4 cm of height, they were divided into three groups: line players, skill players and big skill players. The body composition was measured with DEXA, air displacement plethysmography and anthropometry to estimate the percentage of fat and lean mass, in addition a regression analysis was carried out to elaborate equations to estimate % fat and lean mass, time in a 40-yard sprint, agility in 3-cone drill and pro-drill, vertical jump and horizontal jump, as well as the maximum load (1RM) in squat, bench press and power clean.

Results: Differences were found in the three groups in: body weight, BMI, % fat, lean mass and bone mineral content. The linemen are taller and with higher % fat than skill and big skill players ($p \leq .0167$). Skill players are the fastest and most agile players ($p \leq .0167$). Linemen have higher 1RM in squat and bench press than big skill and skill players ($p \leq .0167$), but not in power clean ($p > .0167$). With the sum of 3 folds (abdominal fold, calf fold and supraspinal fold) the equation was established in: % fat

= $0.265 + 0.328 \times \text{SUMSF}$ with $R^2 = 0.83$ and an error of 2.80. To estimate lean mass, we included the abdominal fold, subscapular fold and supraspinal fold (lean mass = $87.742 - 0.226 \times \text{ABSF} - 0.194 \times \text{SUBESF} - 0.331 \times \text{SUSF}$), with $R^2 = 91\%$ and an error of 1.97.

Conclusion: There are differences between players according to the play position both in body composition and physical capacity, specific equations have been developed to determine % fat and lean mass in Mexican football players.

Key words: American football, body composition, anthropometric equations, physical capacity.

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Antecedentes y justificación	5
1.2. Planteamiento del problema	10
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	13
2.1. Generalidades del fútbol americano	13
2.2. Las capacidades físicas en jugadores de fútbol americano	18
2.2.1. Evaluación de las capacidades físicas en jugadores de fútbol americano	19
2.3. Generalidades de la composición corporal	26
2.3.1 Niveles de análisis de la composición corporal	27
2.3.2 Niveles de validación de los métodos de la composición corporal	28
2.3.3 Composición corporal en jugadores de fútbol americano	38
2.4. Composición corporal y capacidad física	42
3. OBJETIVOS	46
4. METODOLOGÍA	49
4.1. Diseño de estudio	49
4.2. Sujetos	49
4.3. Protocolo	50
4.4. Instrumentos y test para la recolección de datos	51
4.4.1. Capacidad física	51
4.4.2. Composición corporal	57
4.4.3. Selección de estudios	61

4.5. Descripción de las variables	61
4.6. Análisis estadístico	63
5. RESULTADOS	69
5.1. Capacidad física	69
5.1.1. Capacidad física por agrupación de posición de juego	69
5.2 Composición corporal	70
5.2.1. Composición corporal por agrupación de posición de juego	71
5.3 Comparación de la capacidad física, talla y peso de jugadores mexicanos y otros equipos internacionales	72
5.4 Ecuaciones antropométricas para estimar el porcentaje de grasa corporal basado en un modelo de 3 compartimentos	75
5.5 Ecuaciones antropométricas para estimar el porcentaje de masa magra tomando como referencia la DEXA	78
5.6 Asociación de la composición corporal y las variables de capacidad física	80
6. DISCUSIÓN	83
7. LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	96
8. CONCLUSIONES	99
9. REFERENCIAS	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Esprín de 40 yardas</i>	20
Tabla 2 <i>Carga máxima levantada en ejercicios de sentadilla, prensa de pecho y power clean</i>	22
Tabla 3 <i>Distancia de salto en test salto vertical</i>	23
Tabla 4 <i>Marcas promedio en el test salto horizontal</i>	23
Tabla 5 <i>Tiempo promedio realizado en el test 3 cone drill</i>	24
Tabla 6 <i>Tiempo promedio realizado en el test pro agility drill</i>	25
Tabla 7 <i>Niveles de análisis de la composición corporal</i>	27
Tabla 8 <i>Ecuaciones de predicción de masa libre de grasa por pletismografía (BOD POD)</i>	32
Tabla 9 <i>Ecuaciones de predicción de masa libre de grasa por bioimpedancia eléctrica (BIA)</i>	34
Tabla 10 <i>Ecuaciones para el cálculo del porcentaje de grasa con pliegues</i>	35
Tabla 11 <i>Metodologías empleadas para determinar la composición corporal en jugadores de fútbol americano</i>	39
Tabla 12 <i>Composición corporal de los jugadores de fútbol americano</i>	40
Tabla 13 <i>Talla y peso de jugadores de fútbol americano</i>	41
Tabla 14 <i>Características morfológicas de la población</i>	50
Tabla 15 <i>Descripción de las variables del estudio</i>	61
Tabla 16 <i>Capacidad física de acuerdo a la agrupación por posición de juego</i>	70
Tabla 17 <i>Composición corporal de jugadores mexicanos de fútbol americano</i>	71

Tabla 18 <i>Características antropométricas y capacidad física de jugadores de futbol americano mexicanos e internacionales</i>	73
Tabla 19 <i>Continuación, Características antropométricas y capacidad física de jugadores de futbol americano mexicanos e internacionales</i>	74
Tabla 20 <i>Correlación del porcentaje de grasa corporal y variables independientes</i>	76
Tabla 21 <i>Ecuaciones antropométricas para predecir el porcentaje de grasa corporal</i>	77
Tabla 22 <i>Correlación del porcentaje de masa magra y las variables independientes</i>	78
Tabla 23 <i>Ecuaciones antropométricas para predecir el porcentaje de masa magra</i>	79
Tabla 24 <i>Asociación de la composición corporal y la capacidad física en jugadores de fútbol americano</i>	80



INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Durante muchos años se han documentado los resultados y evolución de las características y habilidades físicas de jugadores de fútbol americano en diferentes categorías y niveles de competición de los Estados Unidos de América. Estos datos han sido recolectados a través de diferentes pruebas permitiendo controlar y adecuar la planificación del entrenamiento, repercutiendo en la mejora de sus capacidades físicas. Así mismo, con los resultados de estas pruebas ha sido posible ubicar a los jugadores en las posiciones de juego más acordes a sus características físicas para obtener de ellos el mejor desempeño posible.

En México, el fútbol americano tiene varios años generando un impacto mediático y social cada vez mayor en diferentes universidades, sin embargo, observamos una falta de conocimiento documentado sobre los niveles de capacidad física y características de jugadores mexicanos que compiten al máximo nivel que pudieran dar la pauta a entrenadores y directivos la toma de decisiones en el plano deportivo o administrativo, ya sea para profesionalizar el fútbol americano o para buscar exportar jugadores a universidades o equipos profesionales de los Estados Unidos de Norteamérica.

Como parte de las características físicas de los jugadores de fútbol americano y de composición corporal, podemos observar que en algunos equipos estadounidenses se presenta la problemática de sobrepeso y obesidad, por ello, nace la inquietud de documentar los niveles de composición corporal de los jugadores mexicanos, no obstante, desde el punto de vista práctico nos encontramos con dificultad para estimar la composición corporal ya que los instrumentos o equipos

para estimarla generan un alto costo a los equipos deportivos, que solamente equipos profesionales de los Estados Unidos están en la posibilidad de adquirirlos. Una alternativa para medir la composición corporal es a través de la antropometría, sin embargo, al día de hoy no existen ecuaciones antropométricas para estimar el porcentaje de grasa o la masa magra en jugadores de fútbol americano de raza latina.

Esta tesis doctoral corresponde a un estudio de carácter descriptivo, comparativo y correlacional. En efecto, se han establecido valores de referencia sobre el perfil físico de jugadores mexicanos de fútbol americano que compiten al máximo nivel en México, mediante el uso de pruebas fiables y de fácil acceso que pueden ser utilizadas y aplicadas para controlar las adaptaciones al entrenamiento y, además, estos datos pueden ser utilizados al momento de reclutar jugadores.

De la misma forma, se ha medido la composición corporal mediante el uso de la absorciometría dual de rayos x (DEXA). Como valor añadido a la estimación de la composición corporal se han desarrollado ecuaciones antropométricas para el porcentaje de grasa corporal y la masa magra, utilizando métodos de referencia confiables como el modelo de 3 compartimentos para el porcentaje de grasa y la DEXA para la masa magra.

Finalmente se han realizado algunas comparaciones de la composición corporal con la capacidad física de atletas que compiten en equipos de diferentes categorías y niveles de competición. Por otro lado, se buscaron asociaciones de los porcentajes de la masa grasa y masa magra con las pruebas físicas de los jugadores de fútbol americano.

La estructura de la Tesis responde a los momentos de un esquema de investigación científica, por lo que se distinguen en ella los siguientes apartados:

La introducción que engloba los antecedentes y justificación de la tesis, así como el planteamiento del problema.

El capítulo 2, “Fundamentos teóricos”, se fundamentan las principales variables del estudio, la capacidad física y la composición corporal en el marco de una concepción sistémica e integral del rendimiento deportivo durante el proceso de entrenamiento, para lo cual antes se efectuó una caracterización del fútbol americano para comprender las variables específicas de este deporte. Otro aspecto central de la teorización efectuada se refiere a los métodos existentes para la evaluación de la composición corporal.

Los objetivos de investigación son mencionados en el capítulo 3. El capítulo 4, “Metodología de la investigación”, describe todas las decisiones metodológicas que se siguieron para llevar a cabo el estudio. En él se describe el diseño de investigación, las variables que lo definen, así como la descripción de los instrumentos utilizados y la muestra. Los procedimientos y la obtención de los datos en el trabajo de campo y el análisis estadístico correspondiente.

En el capítulo 5, “Resultados”, se muestran los resultados en función de cada objetivo específico.

En el Capítulo 6, “Discusión”, se contrastan los resultados con los aportados por la literatura científica, de manera que se pueda determinar lo pertinente del estudio.

En el capítulo 7, “Limitaciones y futuras líneas de investigación”, se mencionan las limitaciones del estudio y las líneas a futuro como posibles investigaciones; y en el capítulo 8, “Conclusiones”, se recoge lo más destacado de la investigación. De forma clara y concisa mostramos lo más relevante que se deriva de los análisis.

1.1. Antecedentes y justificación

Los jugadores de fútbol americano requieren un alto nivel de capacidad física de fuerza, rapidez, agilidad y potencia (Black, & Roundy, 1994; Secora, Latin, Berg, & Noble, 2004; Yamashita, Asakura, Ito, Yamada, & Yamada, 2017). Por otro lado, la composición corporal juega un papel muy importante para la capacidad física, es decir, una masa grasa o masa magra de acuerdo a cada posición de juego para lograr un mejor desempeño (Elliott, Harmatz, Zhao, & Greenblatt, 2016; Yamashita, Asakura, Ito, Yamada, & Yamada, 2017).

Hoy en día existe una gran cantidad de sujetos que practican el fútbol americano en México, sin embargo, existe muy poca información documentada que detalle la composición corporal y la capacidad física de los jugadores, además, si hablamos de los sujetos que compiten a máximo nivel observamos que no hay registros documentados acerca de estos dos aspectos.

Con respecto a la descripción de la composición corporal de jugadores de fútbol americano observamos en diferentes estudios que en las últimas décadas se han visto cambios notorios en el tamaño de los jugadores atribuyéndose al aumento del porcentaje de grasa corporal o masa magra (Norton, & Olds, 2001; Yamamoto, Yamamoto, Yamamoto, & Yamamoto, 2008) y como consecuencia al aumento de la

grasa, problemas de obesidad y sobrepeso. Por ello, autores reportan que la obesidad es un problema importante y que es necesario considerar la evaluación de riesgos para la salud a largo plazo (Skinner, Hasty, Turner, Dreibelbis & Lohr, 2013).

Además, estos estudios han sido realizados en poblaciones norteamericanas para jugadores de NFL (Bosch et al., 2014) división I (Borchers et al., 2009; Jacobson et al. 2013) y colegiales (Steffes et al., 2013) así como también en jugadores japoneses (Yamashita et al., 2017) e italianos (Vitale et al., 2016), pero no en jugadores latinoamericanos.

Los métodos para medir la composición corporal de manera confiable y válida en jugadores de fútbol americano requieren el traslado de los jugadores al laboratorio. Una alternativa práctica y confiable es el uso de las ecuaciones antropométricas la cual es una técnica simple de ejecución, requiere de poco tiempo para realizarse por lo que es útil en el entrenamiento deportivo.

Investigadores han expresado la necesidad de crear ecuaciones para poblaciones más específicas (Glickman, Marn, Supiano, & Dengel, 2004; Oliver, Lambert, Martin, Green, & Crouse, 2012), además, hacer uso de métodos de referencia más confiables. Hasta el momento, hemos encontrado tres estudios que han publicado o validado algoritmos para predecir la composición corporal en jugadores de fútbol americano de I y II división de la National Collegiate Athletic Association (NCAA) en los Estados Unidos de América (Oliver et al., 2012; White, Mayhew, & Piper, 1980; Wickkiser & Kelly, 1975). Estos algoritmos son desarrollados para determinar la masa magra, densidad corporal y porcentaje de grasa corporal.

Además, otro estudio (Smith & Mansfield, 1984), intenta validar ecuaciones de porcentaje de grasa de otras poblaciones para su uso con un equipo de fútbol universitario de la División I. No obstante, estas ecuaciones tienen algunas limitantes metodológicas y otras subyacentes para ser aplicadas en otras muestras de jugadores de fútbol americano

Las fórmulas para determinar el porcentaje de grasa corporal de los estudios de Wickkiser y Kelly (1975) y White, Mayhew y Piper (1980), emplearon como referencia la hidrodensitometría que se basa en un modelo de 2 compartimentos (M2C) de composición corporal (masa grasa + masa libre de grasa (MLG)). En este modelo se asume que la densidad de la masa libre de grasa (MLG =1.10 gc/cc) es la misma para todos los individuos. Es decir, las proporciones de agua corporal y contenido mineral óseo no varían entre los sujetos. Por otra parte, Oliver et al., (2012) tomaron como estándar de oro el porcentaje de grasa corporal medido con la DEXA. No obstante, aunque la DEXA se ha descrito como un estándar de oro por la alta reproducibilidad en sus mediciones, las comparaciones contra modelos moleculares de cuatro compartimentos (que dividen el cuerpo en agua, grasa, proteína y minerales) revelan que tiene poca exactitud en relación con el tamaño corporal, sexo y grado de adiposidad (Alemán-Mateo et al., 2004; Withers, Laforgia, Heymsfield, 1999; Withers et al., 1998). Un estándar de oro similar al modelo de 4 compartimentos en términos de exactitud es el modelo de 3 compartimentos (Withers et al., 1998). Este modelo combina la medición de la densidad corporal y el contenido mineral óseo. Oliver et al. (2017), justificaron el desarrollo de sus nuevas fórmulas de porcentaje de grasa corporal debido al aumento del tamaño corporal de los atletas,

pero reconocieron que sería cuestionable su uso en atletas de otras divisiones y atletas de otros grupos étnicos.

Hasta el momento no hay estudios que sugieran ecuaciones antropométricas de porcentaje de grasa corporal utilizando como estándar de un oro un modelo de 3 compartimentos, además se carecen de estudios descriptivos de composición corporal y antropométricos en jugadores de México.

Solamente pudimos encontrar un estudio que propone ecuaciones de masa magra en jugadores de fútbol americano (White, Mayhey, & Piper, 1980). No obstante, este estudio presenta limitaciones por el método utilizado como referencia de 2 compartimentos y además que es un estudio que tiene ya varios años de haberse realizado, y en las últimas décadas ha evolucionado la metodología del entrenamiento, modificando la composición corporal, así como también se han desarrollado nuevas herramientas tecnológicas que ha llegado a desarrollar nuevas y mejores propuestas para la cuantificación de la masa magra.

Por otra parte, algunos de los gestos motores más comunes en los deportes son tareas de saltos, carreras de velocidad y/o cambios de dirección. La capacidad de realizar estos gestos motores de manera efectiva puede, en última instancia, determinar el resultado de ciertos eventos (Suchomel, Nimphius, & Stone, 2016). En el fútbol americano los estudios relacionados con la capacidad física se han encargado de analizar, la carga máxima levantada, la velocidad, la agilidad y salto en extremidad inferior mediante el uso de pruebas de campo (Hetzler, Schroeder, Wages, Stickley, & Kimura, 2010; Hoffman, Ratamess, & Kang, 2011; Jacobson, Conchola, Glass, & Thompson, 2013; Kuzmits & Adams, 2008; Magal, Smith, Dyer, &

Hoffman, 2009; Robbins, 2010; Secora et al., 2004), evidenciando que altas tasas de producción de fuerza y de potencia mecánica externa se consideran dos de las características de capacidad física más importantes con respecto al rendimiento deportivo (Baker, 2001; Stone, Moir, Glaister, & Sanders, 2002).

Así mismo, la capacidad física determina el nivel de competencia dentro de cada posición de juego y categorías (McGee, & Burkett, 2003), divisiones en la NCAA (Garstecki, Latin, & Cuppett, 2004) y división III de NCAA (Schmidt, 1999). Previamente ha sido sugerido que el perfil físico difiere de acuerdo a la posición de juego y nivel de competición (Iguchi et al., 2011; Robbins, 2011).

En México, desafortunadamente no hay estudios que hayan documentado, la capacidad física de los jugadores que compiten al máximo nivel que pueda servir de referencia y base para los propios jugadores, entrenadores y directivos. Además, suponemos que existe una gran brecha entre la capacidad física de los jugadores mexicanos y los jugadores de equipos colegiales de Estados Unidos.

Por último, existe evidencia científica sobre la asociación que tiene la grasa corporal, la masa magra o muscular con la capacidad física (Mattila, Tallroth, Marttinen & Pihlajamäki 2007). No obstante, se ha sugerido que estas asociaciones pueden diferir en función de las distintas competiciones (Hamano et al., 2015).

Hasta el momento hemos encontrado pocos estudios que documentan cómo las variables de composición corporal se asocian con pruebas que los profesionales de fuerza y acondicionamiento suelen utilizar para evaluar la fuerza, salto y velocidad. Los estudios han indicado que los jugadores de fútbol americano tienen una cantidad decreciente de grasa corporal a medida que asciende en el nivel de la División

Colegiada III a la División I y a la Liga Nacional de Fútbol (NFL) (Kaiser et al., 2008; Kraemer, Torine, Silvestre & French, 2005; Miller, White, Kinley, Congleton, & Clark, 2002; Snow, Millard-Stafford, & Roskopf, 1998; Stuempfle, Drury, Petrie, & Katch, 2007), lo que parece indicar que debe haber cierta correlación entre la grasa corporal y la capacidad física en el campo de fútbol. Se necesita más investigación para comprender las correlaciones entre la composición corporal con medidas de fuerza, salto y velocidad.

1.2. Planteamiento del problema

Después de mostrar los antecedentes y justificar las áreas donde se centra la investigación, se analizará de manera más exhaustiva cada una de las líneas marcadas. El problema de investigación y lo que se pretende con este trabajo se plantea con distintas preguntas que ayudan a comprender aun aún más la justificación.

En este sentido surge la siguiente pregunta de investigación que guiará de alguna manera este trabajo.

¿Cuál es la composición corporal y la capacidad física de jugadores de fútbol americano que compiten al máximo nivel en México?

Se plantea la cuestión de conocer la capacidad física y de composición corporal. Para ello, se han establecido una serie de preguntas aún más específicas.

- ¿Qué niveles de capacidad física tienen los jugadores de fútbol americano que compiten al máximo nivel en México?
- ¿Cuáles son las diferencias de capacidad física entre las categorías de posiciones de juego?
- ¿Qué diferencia existe entre jugadores mexicanos y jugadores de otros equipos internacionales de fútbol americano con respecto a la capacidad física?
- ¿Cuál es la distribución compartimental de la composición corporal en jugadores de fútbol americano que compiten al máximo nivel en México?
- A partir de las mediciones antropométricas y de composición corporal ¿es posible desarrollar una ecuación antropométrica para determinar el porcentaje de grasa corporal y el porcentaje de la masa magra en jugadores de fútbol americano que compiten al máximo nivel en México?
- ¿Qué asociación existe entre las variables de capacidad física y la composición corporal en jugadores de fútbol americano mexicanos?



FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Existe evidencia científica que establece datos acerca de la capacidad física y composición corporal en jugadores de fútbol americano.

2.1. Generalidades del fútbol americano

El fútbol americano es uno de los deportes de impacto más competitivos del mundo donde el jugador requiere de una gran disciplina, entrenamiento físico y preparación mental. En México es un deporte muy popular. La Organización Nacional Estudiantil de Fútbol Americano (ONEFA) es un cuerpo que se encarga de regular el sistema de competencia en México.

Para llevar a cabo un juego, los equipos deben contar con 11 jugadores en el terreno de juego para cada jugada. La duración del partido está dividida en cuatro momentos que son fraccionados en 15 minutos cada uno y un período de descanso de 15 minutos después de dos cuartos (Goodell, 2016). Las dimensiones del terreno de juego son 120 yardas (109.73 metros) de largo, y las últimas 10 yardas de cada costado del campo son la zona de anotación para cada equipo. De ancho tiene 53.3 yardas (48.77 metros). El juego consiste en trasladar el balón de un lugar a otro y para ello, un equipo dispone de cuatro oportunidades o downs para desplazar el balón por lo menos 10 yardas, lo que le permitirá seguir conservando el balón (Goodell, 2016).

Cada equipo está formado por un equipo ofensivo y defensivo. El equipo ofensivo incluye cinco linieros ofensivos que se colocan sobre la línea de golpeo, uno

es el centro (C), dos guardias (G) que se colocan del lado derecho e izquierdo del centro, y dos tackles (T), uno de cada lado de los guardias. Estos jugadores son los de gran tamaño corporal, sus responsabilidades son proteger al mariscal de campo (QB) en situaciones de pase o generar espacio al bloquear para que avance el corredor (RB) con posesión del balón.

El QB es el responsable de comunicar las jugadas preestablecidas, lanzar el balón o realizar estrategias de balón al corredor RB (Figura 1). Existe uno o dos corredores que tienen las responsabilidades de avanzar con el balón ya sea recibiendo pases del mariscal de campo, bloquear o correr con el balón.

Uno de los receptores conocido como ala cerrada (TE), se coloca sobre la línea a un lado del tackle ofensivo (T). Además de recibir pases, una de sus funciones principales es involucrarse en los bloqueos junto con la línea ofensiva por lo que se requiere un atleta de mayor tamaño. Los demás receptores llamados alas abiertas (WR) son colocados distantes de la línea ofensiva, dependiente del esquema ofensivo se pueden llegar a colocar hasta cuatro alas abiertas.

El lado defensivo puede estar conformado según el sistema planificado por el entrenador o como respuesta al patrón de situaciones que está realizando la ofensiva del adversario. En general la defensa consiste en combinaciones de tres a cuatro linieros defensivos encargados de presionar sobre la línea ofensiva para capturar al mariscal de campo o tacklear al jugador con posesión del balón. Pueden existir de tres a cuatro linebackers (LB) que se colocan 3 -5 yardas detrás de los linieros defensivos, su principal función es reaccionar ante la situación de la carrera, perseguir y tacklear al corredor con balón y cubrir zonas designadas en jugadas de

pase del adversario (Figura 1). Por último, en la escuadra defensiva se pueden alinear de cuatro a cinco backs defensivos (defensive backs, DB) dependiendo de la estrategia empleada, su función principal es cubrir a los receptores evitando que completen pases, además de apoyaren juego terrestre.

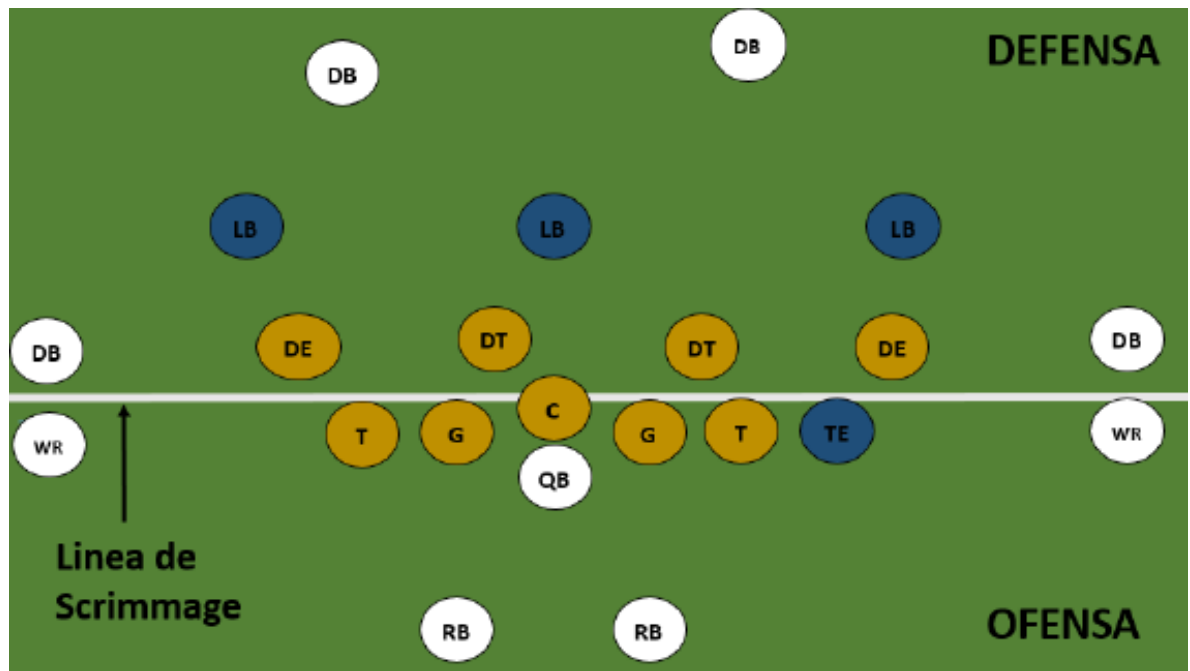


Figura 1. Posiciones de juego

Para Sierrer et al. (2008), las posiciones de juego de los equipos ofensivos y defensivos se pueden colocar en tres grupos: 1) linieros (*lineman*); 2) jugadores de habilidad (*skill players*) y 3) jugadores grandes de habilidad (*big skill players*). Cada una de las agrupaciones está hecha con base a las necesidades físicas y/o morfológicas de las posiciones de juego. Además, las posiciones de juego requieren jugadores con características físicas específicas para facilitar la mejora de la capacidad física (Camacho & Tlatoa, 2013; Kraemer et al., 2005).

- Linieros (*lineman*), son jugadores ubicados al frente de cada jugada del partido, teniendo cada equipo ofensivo y defensivo. Los lineman son por lo regular de mayor tamaño, tanto en estatura como peso (Binkley, Daughters, Weidauer, & Vukovich, 2015; Fairheller et al., 2016). Los jugadores linieros del equipo ofensivo es importante el tamaño y la fuerza de estos jugadores ya que una de sus principales funciones es proteger a los jugadores o empujar la línea ofensiva. Por su parte los jugadores linieros defensivos aunque también son de gran tamaño resaltan por ser normalmente son más rápidos y atléticos que los lineman ofensivos.

Los objetivos de los linieros ofensivos se dirigen a abrir carriles para un juego más efectivo, proteger a los corredores y mariscal de campo. Por otro lado, el objetivo de los linieros defensivos es presionar al mariscal de campo contrario o provocar que el que no gane yardas. En esta agrupación los linieros defensivos se encuentran: tackles defensivos y alas defensivos, por otro lado, los guardias, tackles ofensivos y centros son parte del equipo linieros ofensivo.

- *Jugadores grandes de habilidad (big skill players)*, son jugadores denominados de "grandes de habilidad" son rápidos y fuertes pero no tanto como los jugadores de habilidad. Tienen grandes capacidades motoras respecto a los demás jugadores, pues su función es derribar un *linebacker* (i.e. jugadores ubicados atrás de los linieros defensivos) o un corredor (Sierer et al., 2008; Robbins et al., 2013). En esta clasificación encontramos los

jugadores apoyadores (*linebacker*) y *power backs* (i.e. son jugadores de las posiciones como alas cerrada y *fullback*).

- *Jugadores de habilidad (skill players)*, son los jugadores más rápidos y fuertes con respecto a los grandes jugadores de habilidad y linieros. Las posiciones de juego que se agrupan en este equipo son: mariscal de campo (*quarterback*), corredor (*halfback*), receptor abierto (*wide receiver*), *safety* (i.e. jugadores ubicados detrás de los *linebackers*) y regresadores de patadas.

Con base a lo anterior podemos resumir que el fútbol americano es un deporte muy complejo donde se requieren jugadores con diferentes cualidades físicas y/o morfológicas, que sean rápidos, pesados y fuertes para realizar las diferentes acciones ofensivas y defensivas.

De acuerdo a un estudio de Oliver et al. (2012) la composición corporal (CC) de los jugadores de fútbol americano es de importancia debido a los efectos que manifiesta sobre la salud. Los problemas de salud relacionados son sobrepeso y obesidad (Skinner, Hasty, Turner, Dreibelbis, & Lohr 2013). En misma línea, Colyer et al. (2016) manifiesta que hay una asociación entre CC y capacidad física y que hasta el momento estas variables siguen siendo en gran parte inexploradas en el contexto de muchos deportes.

2.2. Las capacidades físicas en jugadores de fútbol americano

Las capacidades físicas (p. ej. la fuerza, salto, velocidad, resistencia, flexibilidad, etc.) están relacionadas con la condición física. La condición física se desarrolla con el entrenamiento y puede dar como resultado el éxito deportivo (Foran, 2001). Por ello, se busca llegar con el mejor estado físico a la competición y es imprescindible aplicar un entrenamiento que considere cada una de las capacidades.

La condición física para cualquier deporte tiene elementos comunes o capacidades físicas. Las contribuciones de cada una de estas capacidades a las exigencias específicas de los diferentes deportes no son iguales, incluso en deportes de equipo las posiciones de juego exigen diferentes atributos (Williams, 1994).

El tiempo de entrenamiento de estos elementos es diferente y depende del nivel de entrenamiento del atleta y de la competición. Por lo que, los deportistas desarrollan en menor o mayor medida cada uno de los componentes en función de los objetivos y especificidad de las disciplinas deportivas.

En las últimas décadas estudios realizados en equipos de fútbol americano de los Estados Unidos, Japón e Italia, se han encargado de evaluar y documentar las capacidades físicas en diferentes categorías y niveles de competición de jugadores de fútbol americano (Hoffman et al., 2011; Jacobson et al., 2013; Robins et al., 2013; Secora et al., 2004; Yamashita et al., 2017; Vitale et al., 2016). En consecuencia, a partir de estos resultados ha permitido a entrenadores y atletas establecer propósitos

de entrenamiento, conocer el progreso de los atletas, y determinar el grado de eficacia de su planificación con relación a las capacidades.

2.2.1. Evaluación de las capacidades físicas en jugadores de fútbol americano

Las pruebas para evaluar las capacidades físicas en cualquier deporte tienen más énfasis en pruebas específicas del mismo. Las pruebas se llevan a cabo fuera del laboratorio y no requieren una capacitación extensa ni equipo costoso. Hoy en día las pruebas se realizan hasta en 3 momentos diferentes de la preparación física y técnica-táctica.

En los equipos de Estados Unidos, la National Football League (NFL) organiza una visoria comúnmente dicho en Estados Unidos “scouting combine” con el objetivo de que los atletas realicen pruebas de capacidad física y muestren sus aptitudes (NFL, 2018). Previamente hemos mencionado que las capacidades físicas tienen una relación con el rendimiento de los jugadores de fútbol americano (Yamashita et al., 2017).

Actualmente existen pruebas estandarizadas de fútbol americano que se usan para medir diferentes capacidades físicas. Estos incluyen un esprint de 40 yardas, agilidad con las pruebas 3-cone-drill y pro-drill, salto mediante el salto horizontal y el salto vertical, así como carga máxima levantada en prensa de pecho, sentadilla y power clean.

Velocidad

La física la define como el producto de la distancia partido por el tiempo ($V = d/t$). Desde el punto de vista deportivo podemos mencionar que es un conjunto de propiedades funcionales que permiten realizar acciones motoras en el menor tiempo posible (Platonov & Bulatova, 2001). En un juego de fútbol americano los jugadores generalmente expresan estas formas de velocidad en diferentes situaciones como acelerar y desacelerar en cambios de dirección explosivos o al reaccionar a la pelota de otros jugadores (Wellman, Coad, Goulet, & McLellan, 2016).

En fútbol americano la prueba de velocidad se lleva acabo con un esprín de 40 yardas, los estudios recientes muestran que jugadores de habilidad son más rápidos con respecto a los jugadores grandes de habilidad, siendo los linieros los atletas menos rápidos (Tabla 1) (Jacobson, Conchola, Glass, & Thompson, 2013; Kuzmits & Adams, 2008; Magal, Smith, Dyer, & Hoffman, 2009; Robbins, 2010).

Tabla 1
Esprín de 40 yardas

Variable	Jugadores japoneses (Yamashita et al., 2017)		Jugadores italianos (Vitale et al., 2016)		División I de NCAA (Jacobson et al., 2013)	
	Media ± DE	n	Media ± DE	n	Media ± DE	n
Jugadores de habilidad						
40 yardas (s)	4.48 ± 0.12	19	5.18 ± 0.24	18	4.50 ± 0.10	11
Jugadores grandes de habilidad						
40 yardas (s)	4.96 ± 0.11	8	5.47 ± 0.36	16	-	-
Linieros						
40 yardas (s)	5.37 ± 0.31	14	5.87 ± 0.31	16	5.17 ± 0.19	17

Fuente: elaboración propia

Carga máxima levantada

A menudo se infiere la fuerza a través de la carga máxima levantada. La fuerza desde el punto de vista de la física se define como el producto de la masa por la aceleración ($F = m \times a$) y su unidad de medida el Newton (N). Desde el punto de vista fisiológico la fuerza se comprende como la “*Capacidad de un músculo para producir tensión y activarse*” (González-Badillo & Ribas, 2002). Por otro lado, suele definirse como la capacidad de ejercer fuerza máxima contra una resistencia a través de un movimiento (Ayers & Sariscsany, 2011).

En jugadores linieros de fútbol americano, la capacidad para producir fuerza es un componente muy importante. Las actuaciones que desempeñan estos jugadores son de empujar a otros oponentes por lo tanto, el jugador con mayor fuerza tiene más ventajas (Baechle & Earle, 2008). Para medir la producción de fuerza se han utilizado ejercicios de entrenamiento de carga máxima levantada como prensa de pecho, power clean y sentadilla. Los ejercicios más utilizados para evaluar la carga máxima expresados en el contexto del fútbol americano son la sentadilla, prensa de pecho y power clean (Tabla 2) (Hetzler, Schroeder, Wages, Stickle, & Kimura, 2010; Hoffman, Ratamess, & Kang, 2011; Jacobson, Conchola, Glass, & Thompson, 2013).

Tabla 2
Carga máxima levantada en ejercicios de sentadilla, prensa de pecho y power clean

Variable	División I de NCAA (Jacobson et al. 2013)		División III de NCAA (Hoffman et al., 2011)	
	Media \pm DE	n	Media \pm DE	n
Jugadores de habilidad				
Sentadilla (kg)	205.5 \pm 16.2	11	173.4 \pm 19.1	289
Prensa de pecho (kg)	141.5 \pm 7.7	11	141.7 \pm 16.0	289
Power clean (kg)	130.0 \pm 12.3	11	-	-
Linieros				
Sentadilla (kg)	267.6 \pm 33.6	17	222.3 \pm 29.7	289
Prensa de pecho (kg)	187.7 \pm 19.0	17	157.7 \pm 21.5	289
Power clean (kg)	147.6 \pm 8.6	17	-	-

Fuente: Elaboración propia

Potencia

Es un término muy complejo, pues algunos autores suelen llamarlo, fuerza explosiva o fuerza velocidad (Baker & Newton, 2008; Cormie, McCaulley, & McBride 2007; Cometti, 2007). Desde el punto de vista deportivo es la capacidad que tiene un músculo de aplicar la máxima fuerza durante un gesto motor en un mínimo de tiempo (Cronin & Sleivert, 2005, Kraemer & Ratamess, 2004). El salto de longitud y salto vertical son test de campo utilizados en fútbol americano para medir esta capacidad. Diferentes estudios han expresado los niveles de capacidad física en diferentes niveles deportivos, existe una amplia gama de valores entre posiciones de juego (Tabla 3 y 4) (Hoffman, Ratamess, & Kang, 2011; Jacobson, Conchola, Glass, & Thompson, 2013; Kuzmits & Adams, 2008; Robbins, 2010).

Tabla 3
Distancia de salto en test salto vertical

Variable	División I NCAA (Secora et al., 2004)		Jugadores italianos (Vitale et al., 2016)		Combinado de NFL (Yamashita et al., 2017)	
	Media ± DE	n	Media ± DE	n	Media ± DE	n
Jugadores de habilidad						
Salto vertical (cm)	86.1 ± 8.4	71	53.43 ± 6.67	18	91 ± 8	11
Jugadores grandes de habilidad						
Salto vertical (cm)	78.9 ± 7.9	39	48.88 ± 8.56	16	87 ± 8	17
Linieros						
Salto vertical (cm)	68.6 ± 7.0	183	44.53 ± 9.16	16	77 ± 10	28

Fuente: elaboración propia

Tabla 4
Marcas promedio en la prueba salto horizontal

Variable	Combinado NFL (Yamashita et al., 2017)		Jugadores elite de USA (Robins et al., 2013)		Jugadores italianos (Vitale et al., 2016)	
	Media ± DE	n	Media ± DE	n	Media ± DE	n
Jugadores de habilidad						
Salto horizontal (cm)	306 ± 16	14	119.27 ± 6.40	44	242.21 ± 14.28	18
Jugadores grandes de habilidad						
Salto horizontal (cm)	296 ± 16	17	114.56 ± 4.28	9	225 ± 20.08	16
Linieros						
Salto horizontal (cm)	270 ± 24	77	-	-	207 ± 23.87	16

Fuente: elaboración propia

Agilidad

Es comprendida como una habilidad de coordinar acciones motoras con cambios de dirección en el menor tiempo posible. La mayoría de las modalidades deportivas requieren movimientos explosivos con cambios de dirección desde el inicio de las acciones motoras, por lo que resulta de gran importancia esta habilidad, incluso en jugadores de fútbol americano. Los tests de campo que suelen ser utilizados con mayor frecuencia son el 3-cone-drill y pro agility drill (Tabla 5 y 6) (Magal, Smith, Dyer, & Hoffman, 2009; Robbins, Goodale, Kuzmits, & Adams, 2013; Sierrer, Battaglini, Mihalik, Shields, & Tomasini, 2008).

Tabla 5
Tiempo promedio realizado en la prueba 3 cone drill

Variable	División III NCAA (Hoffman et al., 2011)		Jugadores italianos (Vitale et al., 2016)		Jugadores elite de USA (Robins et al., 2013)	
	Media ± DE	n	Media ± DE	n	Media ± DE	n
Jugadores de habilidad						
3 cone drill (s)	8.71 ± 0.31	28	8.39 ± 0.47	18	6.96 ± 0.19	31
Jugadores grandes de habilidad						
3 cone drill (s)	-	-	8.33 ± 0.45	16	7.14 ± 0.16	7
Linieros						
3 cone drill (s)	9.21 ± 0.86	28	9.29 ± 0.73	16	-	-

Fuente: elaboración propia

Tabla 6
 Tiempo promedio realizado en la prueba pro agility drill

Variable	Drafted de NFL(Sierrer et al., 2004-2005)		División III NCAA (Hoffman et al., 2011)		Jugadores japoneses (Yamashita et al., 2017)	
	Media ± DE	n	Media ± DE	n	Media ± DE	n
Jugadores de habilidad						
Pro-agility drill (s)	4.080 ± 0.141	321	4.51 ± 0.18	28	4.44 ± 0.21	19
Jugadores grandes de habilidad						
Pro-agility drill (s)	4.244 ± 0.178	321	-	-	4.45 ± 0.25	8
Linieros						
Pro-agility drill (s)	4.614 ± 0.174	321	4.68 ± 0.53	28	4.83 ± 0.29	14

Fuente: elaboración propia

En conclusión, algunos autores manifiestan que las mejoras de la capacidad física de potencia y fuerza ocurren en toda la etapa de preparación física de los deportistas, no obstante la capacidad de mejorar la velocidad y la agilidad puede ser limitada (Hoffman, Ratamess & Kang, 2011).

Otros autores expresan que la potencia solo se ve aumentada durante los primeros años de la preparación física y no en ningún otro momento (Jacobson, Conchola, Glass & Thompson, 2013). Así mismo que jugadores de posición liniero no muestran cambios significativos en salto vertical con el paso del tiempo.

La capacidad física se relaciona con la composición corporal (Bosch et al., 2014) por ende, en el siguiente tema abordaremos la distribución compartimental de los elementos de la composición corporal en los jugadores de fútbol americano, así como los métodos para estimar la composición corporal y la relación de sus competentes con variables de capacidad física.

2.3. Generalidades de la composición corporal

La composición corporal (CC) ha señalado ser un proceso de las cuantificaciones que más estrechamente se relacionan con el estado nutricional, así como, con la salud de las personas (Alvero, Diego, Fernández & García, 2004). También la composición corporal es de gran interés para la valoración del estado nutricional, de la monitorización de pacientes con malnutrición aguda o crónica, y del diagnóstico del riesgo asociado a la obesidad (Moreno, 2000).

Existen varios procedimientos para el análisis y evaluación de la composición corporal. Podemos encontrar métodos de gran precisión, siendo los métodos más utilizados la pletismografía por desplazamiento de aire (BODPOD), la absorciometría fotónica dual de rayos X (DEXA) (Parker, Reilly, Slater, Wells, & Pitsiladis 2003; Radley, Gately, Cooke, Carroll, Oldroyd, & Truscott, 2003) y antropometría, que constituyen una herramienta muy útil para el profesional del entrenamiento deportivo (Vicente-Rodríguez, et al., 2012).

El problema fundamental de los métodos antropométricos y de los más sofisticados es que las innumerables ecuaciones y propuestas metodológicas a pesar de tener una buena base teórico-científica, no son tan válidas como en principio se podría pensar.

2.3.1 Niveles de análisis de la composición corporal

El término “modelos de composición corporal” es usado en una gran variedad de contextos, pero podemos centrarnos específicamente en cinco niveles de análisis (Tabla 7).

Los niveles, caracterizan al cuerpo humano en términos cada vez más complejos: atómico, molecular, celular, tisular y cuerpo entero. Cada uno de estos niveles puede diferenciarse claramente, sin existir superposición entre ellos. En cada nivel la suma de todos los componentes debería ser equivalente al peso corporal total.

Tabla 7
Niveles de análisis de la composición corporal

Atómico	Molecular	Celular	Tisular	Cuerpo entero
O, C, H, N, Ca, P, S, K, Na, Cl, Mg	Grasa, lípidos esenciales, proteínas, mineral óseo, minerales no óseos, glucógeno, sólidos libres de grasa, agua.	Células grasa, líquidos intra y extracelular, sólidos extracelulares	Tejido adiposo, muscular, óseo, residual (órganos y vísceras) y piel.	Cabeza, tronco, brazos piernas
Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV	Nivel V

Fuente: Heymsfield, Wang, & Withers, 1996

En la actualidad se le ha dado mayor utilidad a dos de los cinco niveles, estos son: el molecular y el tisular. También denominados métodos bioquímicos y

anatómicos. El primero y ampliamente difundido divide al cuerpo en lípidos, proteínas, minerales y agua. En este ámbito encontramos la Hidrodensitometría, Agua Corporal Total, Potasio Corporal Total, y Absorciometría Fotónica Dual por Rayos-X.

Existen además, otros métodos validados en la Hidrodensitometría, como por ejemplo la Bioimpedancia Eléctrica, la Interactancia de Luz Subinfrarroja, la Pletismografía y la Antropometría. A través de diferentes métodos, estas técnicas estiman dos componentes del organismo: masa grasa y masa magra.

En segundo lugar, están los métodos de fraccionamiento anatómico para la estimación de la composición corporal, que divide al cuerpo en tejidos anatómicamente diseccionables: piel, adiposo, muscular, esquelético y residual (vísceras y órganos). Tales métodos se valen de técnicas como la antropometría y el diagnóstico por imágenes.

2.3.2 Niveles de validación de los métodos de la composición corporal

Según Martin y Drinkwater (1991) existen tres niveles de validación en los métodos de composición corporal, esta clasificación se basa en criterios metodológicos, lo que nos permite un conocimiento más racional de la validez científica de los mismos.

- Nivel I. Validación Directa
 - ✓ Disección de cadáveres

- Nivel II. Validación Indirecta (*basados en presunciones cuantitativas o validados con el nivel 1*)
 - ✓ Físicos – Químicos
 - Hidrodensitometría
 - Pletismografía por desplazamiento de aire
 - Agua Corporal Total
 - Potasio Corporal Total
 - Carbonato Corporal
 - Excreción de Creatinina
 - Absorciometría Fotónica por Rayos-X (DEXA)

 - ✓ Diagnóstico por imagen
 - Radiología clásica
 - Ultrasonido (ecografías)
 - Tomografía Axial Computada
 - Resonancia Magnética Nuclear

 - ✓ Antropometría
 - Modelo anatómico de 5 componentes (Kerr)

- Nivel III. Validación Doble Indirecta (*validados con el nivel II. validación indirecta*)
 - ✓ Bioimpedancia eléctrica (BIA)
 - Tanita monofrecuencia o multifrecuencia
 - Inbody

- ✓ N.I.R
 - Reactancia de luz infrarroja

- ✓ Antropometría
 - Modelo de 2 componentes
 - Modelo de 3 componentes
 - Modelo de 4 componentes-(Drinkwater)
 - Ecuaciones de regresión

2.3.2.1 Descripción de los niveles de validación

La clasificación anteriormente mencionada, permite mayor claridad sobre los niveles y métodos de estimación de la composición corporal, no obstante, dado nuestro tema de estudio, describiéremos métodos indirectos, físicos y químicos (DEXA) y desplazamiento de volumen de aire (BOD POD) y los métodos doblemente indirectos, antropometría y bioimpedancia (Tanita e inbody).

Métodos Indirectos

Estos métodos también son denominados *in vivo*. Se consideran indirectos porque para el cálculo de la grasa corporal (GC) se debe calcular algún otro parámetro asociado a la composición corporal, como por ejemplo la densidad corporal (DC) e inferir su cuantificación. A su vez, estos métodos están basados en una o varias presunciones cuantitativas de constancia biológica aún no comprobadas. Entre los métodos indirectos, podemos destacar métodos químicos

como la absorciometría con rayos X de doble energía (DEXA) y pletismografía por desplazamiento de aire.

- *Pletismografía por desplazamiento de volumen de aire (BOD POD).*

La pletismografía por desplazamiento de aire es una técnica con alto nivel de precisión, rapidez de la prueba y un sencillo manejo, la cual, aplica la ley física propuesta por Boyle-Mariotte, que consisten en que, a una temperatura constante, el volumen (V) y la presión (P) son inversamente proporcionales (Castellano, 1998). El Bod Pod es un método de estimación que aplica este principio con un modelo de dos compartimentos. Las ventajas de este método son: a) no invasiva, b) calcula el volumen indirecta y directamente a partir del volumen de aire desplazado dentro de una cámara cerrada, c) puede repetirse con relativa frecuencia. Esta técnica consiste en cuantificar el volumen pulmonar corporal para determinar la densidad corporal. Por consiguiente, se obtiene el porcentaje de masa grasa y masa libre de grasa (agua, músculo, vísceras y hueso). Utiliza diferentes ecuaciones que pueden observarse en la Tabla 8.

Tabla 8
Ecuaciones de predicción de masa libre de grasa por pletismografía (BOD POD)

Nombre	Ecuación	Población
Siri	$\%Grasa1 = (4.95/DC - 4.50) * 100$	Población general
Schutte	$\%Grasa = (4.374/DC - 3.928) * 100$	Afroamericanos y hombres negros
Ortiz	$\%Grasa = (4.83/DC - 4.37) * 100$	Afroamericanos y mujeres negras
Brozek	$\%Grasa = (4.57/DC - 4.142) * 100$	Individuos delgados y obesos
Lohman	$\%Grasa2 = (C1/DC - C2) * 100$	Niños menores de 17 años

1. DC: Densidad Corporal

2. C1 y C2 son constantes basadas en la edad y el género Fuente: Manual del del equipo BOD POD

- *La absorciometría con rayos X de doble energía (DXA o DEXA).*

Es la técnica de elección para diagnosticar la osteoporosis y monitorear la respuesta al tratamiento. Además, es útil para monitorear la composición corporal. Este método puede discriminar diferentes estructuras del organismo. La DEXA se basa en el fraccionamiento de tres compartimentos puesto que se divide el cuerpo en contenido mineral del hueso, total y regional, la grasa corporal y los tejidos blandos magros. Por otro lado, se ha comprobado que la DEXA es una alternativa atractiva frente a la Hidrodensitometría, como un método de referencia porque es rápido (un cuerpo total es examinado entre 3 y 20 minutos, seguro, requiere mínima cooperación y muy importante, es que tiene en cuenta la variabilidad interindividual en el contenido mineral del hueso) y confiable (Kohrt, 1997).

Métodos doble indirectos

Se clasifican de esta manera, porque resultan de ecuaciones validadas a su vez de alguno de los métodos de nivel II, normalmente de la hidrodensitometría. Entre ellos encontramos la BIA, antropometría y ecuaciones de regresión.

- *Bioimpedancia eléctrica (BIA)*

La BIA es una técnica simple, rápida y no invasiva que permite la estimación del agua corporal total (ACT) y, por asunciones basadas en las constantes de hidratación de los tejidos, se obtiene la masa libre de grasa (MLG) y por derivación, la masa grasa (MG), mediante la simple ecuación basada en dos componentes ($MLG \text{ kg} = \text{peso total kg} - MG \text{ kg}$). En el área de las ciencias del deporte es posible medir el ACT en diferentes situaciones, tanto en estados de hidratación normal como de deshidratación, así como para evaluar la composición corporal en diversos estados clínicos y nutricionales relacionados con la actividad física y el entrenamiento.

La impedancia mide la oposición al flujo de una corriente por el cuerpo entero. La resistencia al flujo presente será más grande en individuos con cantidades grandes de tejido adiposo dado que este es un conductor pobre de la electricidad debido a su bajo volumen de agua relativo. Los tejidos acuosos con gran disolución de electrolitos son grandes conductores eléctricos y no así la grasa y el hueso. Normalmente se utilizan dos electrodos en pareja situados en la muñeca y en el tobillo, normalmente a una frecuencia de medida de 50 kHz para calcular un valor de impedancia corporal. Los analizadores de BIA, más conocidos son: BIA 101 RJL

Systems, Valhalla 1990 B, Byodynamics 310, Animeter, Tanita, Holtain, Xitron 4000B, entre otros, todos ellos validados para estudios de CC.

Así mismo encontramos fórmulas establecidas para predecir la masa libre de grasa por bioimpedancia eléctrica (BIA) (Tabla 9).

Tabla 9
Ecuaciones de predicción de masa libre de grasa por bioimpedancia eléctrica (BIA)

Sexo	% grasa (Edad)	Ecuación de predicción	Etnia	Autor
H	< 20% (17-62)	MLG(kg) = 0.0006636(HT) - 0.2117(R) + 0.62854 (Peso) - 0.1238 (edad) + 9.33285	Indios americanos Negros, Hispánicos, Blancos	Segal et al. (1988)
H	> 20% (17-62)	MLG(kg) = 0.0008858(HT) - 0.2999(R) + 0.42688 (Peso) - 0.07002 (edad) + 14.52435	Indios americanos Negros, Hispánicos, Blancos	Segal et al. (1998)

HT: altura (cm) R: Resistencia

Antropometría

Es una de las estrategias más utilizadas para la estimación de la densidad corporal (DC) y el % grasa corporal (GC) a través de la toma de pliegues cutáneos. Las ecuaciones de regresión para predecir la DC incluyen aquellos pliegues que mayor correlación tienen con la hidrodensitometría (HD) y son muy específicas de la muestra. Esta técnica presupone que los pliegues cutáneos en diferentes partes del cuerpo son indicativos de la GC total.

Comparadas las técnicas de pliegues con las técnicas antropométricas son relativamente simples y baratas, pero requieren bastante habilidad y entrenamiento. La exactitud y precisión de las medidas antropométricas, siempre se pueden afectar por la habilidad del técnico y por las características de la persona medida. Las ecuaciones para el cálculo del % de grasa con pliegues se presentan en la tabla 10.

Tabla 10
Ecuaciones para el cálculo del porcentaje de grasa con pliegues

Sexo	%Masa grasa	(Kg) Masa grasa	Autor
H	$= 0.153*(PI\ Tri + PI\ Sub + PI\ Sesp + PI\ Abd)+5.783$	$= (%Masa\ grasa * peso(kg)) / 100$	Faulkner (1968)
H	$=0.1051*(PI\ Tri + PI\ Sub + PI\ Sesp + PI\ Abd + PI\ MA + PI\ PM)+2.58$	$= (%Masa\ grasa * peso(kg)) / 100$	Carter (1982)

PI Tri: Pliegue del tríceps en mm, PI Sub: Pliegue subescapular en mm, PI Sesp: Pliegue supraespinal en mm, PI Abd: Pliegue abdominal en mm, PI MA: Pliegue muslo en mm, PI PM: Pliegue pierna en mm

La estimación del porcentaje de grasa corporal a través de este medio varía en función del sexo del atleta y el deporte. El nivel mínimo estimado de grasa corporal compatible con la salud es del 5% para los varones y 12% para las mujeres (Heymsfield, Lohman, Wang & Going, 2005). Sin embargo, los porcentajes óptimos de grasa corporal para un atleta pueden ser mucho mayores que estos mínimos y deben determinarse individualmente.

Modelo de 3 compartimentos

El modelo de 3C divide el cuerpo en grasa, contenido mineral óseo, y un remanente de la masa libre de grasa (agua, proteína, y glucógeno). Existe un modelo alternativo de tres compartimentos que no requiere la medición de la masa mineral ósea, sino la medición de agua corporal por el método de dilución con óxido de deuterio. En este caso el remanente es un componente anhidro compuesto de masa mineral ósea y proteína. Los modelos de 3C son los siguientes:

Ecuación 1: Masa grasa kg = $6.386 / DC - (3.96 \times M) - 6.090$ (Lohman, 1986)

Ecuación 2: Masa grasa kg = $2.118 / DC - (0.78 \times A) - 1.354$ (Siri, 1961)

Donde DC, es la densidad corporal calculada con el BOD POD; M, es el contenido mineral (óseo) calculado con la DEXA y A, es el agua. Métodos densitométricos corporal total, que puede determinarse con la técnica de dilución con oxido de deuterio. En el modelo de tres compartimentos basado en la masa mineral ósea (ecuación 1) la hidratación de la MLG se asume constante (72%) y como lo señala Whitters, el modelo en adultos es capaz de producir valores similares al modelo de cuatro compartimentos. Esto es porque en adultos, la hidratación de la MLG y la densidad del contenido mineral óseo (CMO) se mantienen más constantes que en cualquier otro grupo de edad (Berral y Rodríguez, 2007). Como se mencionó, el modelo de tres compartimentos (ecuación 1) requiere para su desarrollo del método de la DEXA y de pletismografía de desplazamiento de aire.

Ecuaciones de regresión múltiple

Se ha demostrado la especificidad de las ecuaciones para estimar la composición corporal (Glickman, Marn, Supiano, & Dengel, 2004), por ello, las ecuaciones basadas en una población y aplicadas en otros contextos tienden a estar sesgadas y no proporcionar una predicción precisa de la composición del cuerpo (Jackson, & Pollock, 1978).

Podemos encontrar en la bibliografía varios estudios que buscan encontrar o establecer fórmulas fiables y válidas para obtener la composición corporal en distintas poblaciones (Alvero-Cruz, Diego-Acosta, Fernández-Pastor, & García-Romero, 2005; Duren et al., 2008; Marks, Van Meel, Robinson, & Robinson, 2015). En jugadores de fútbol americano encontramos tres artículos que presentan ecuaciones para el cálculo de la composición corporal, más específicamente para el porcentaje de grasa corporal, densidad corporal y masa magra. Estos estudios presentan algunas limitaciones metodológicas subyacentes al utilizar como referencia un modelo de 2C. Se ha demostrado científicamente que los modelos de 4C y 3C tienen mayor confiabilidad en la determinación del porcentaje de grasa.

Otro estudio tuvo como objetivo validar ecuaciones publicadas en la literatura científica, así como una ecuación desarrollada para jugadores de división de primera A (IA) de la NCAA. No obstante, los resultados de este estudio sugieren la importancia de desarrollar ecuaciones específicas en función del nivel de competición ya que las variables independientes pueden diferir por muchos factores como el nivel de rendimiento (Wickkiser & Kelly, 1975).

Como conclusión las ecuaciones desarrolladas, proporcionan una forma precisa para evaluar % de grasa a partir del DEXA en jugadores de fútbol universitarios utilizando medidas antropométricas estándar, permitiendo a preparadores físicos y entrenadores monitorizar a los atletas que corren mayor riesgo para la salud debido al aumento de la masa grasa (Oliver, Lambert, Martin, Green, & Crouse 2012).

2.3.3 Composición corporal en jugadores de fútbol americano

Las evaluaciones de la composición corporal de los atletas de alto rendimiento son muy importantes para identificar el potencial de mejorar la capacidad física y, en consecuencia, para obtener resultados deseables en el entrenamiento y las competiciones. Gómez y Verdoy (2011), mencionan la importancia de disponer de datos de composición corporal para poder planificar con mayor especificidad el entrenamiento, así como valorar aspectos de salud.

En los últimos años, los investigadores se han dado la tarea de describir y analizar la composición corporal en jugadores de fútbol americano. Dichas descripciones o análisis se han realizado utilizando diferentes métodos e instrumentos (Tabla 11), no obstante independientemente del método utilizado los investigadores coinciden que los jugadores linieros son corporalmente más grandes y pesados en comparación de los jugadores de habilidad y jugadores grandes de

habilidad . Además, precisan en la problemática de salud por sobrepeso, obesidad y posibles problemas cardiovasculares (Feairheller et al., 2016).

Tabla 11
Metodologías empleadas para determinar la composición corporal en jugadores de fútbol americano

Absorciometría de energía dual de rayos X (DEXA)	Bioimpedancia eléctrica (BIA)	Pletismografía por desplazamiento de aire (BOD-POD)	Antropometría
1. Dengel et al. (2014). 2. Binkley, Daughters, Weidauer y Vukovich (2015). 3. Melvin et al. (2014). 4. Bosch et al. (2014). 5. Mansell, Blackburn, Arnold, & Arnason, (2011). 6. Crouse et al. (2016). 7. Oliver, Joubert, Caldwell, Martin, & Crouse, (2015).	1. Feairheller et al. (2016). 2. Vitale et al. (2016).	1. Smith, Johnson y Otterstetter, (2016). 2. Jacobson, Conchola, Glass, & Thompson, (2013). 4. Kraemer et al. (2005) 5. Borchers et al. (2009).	1. Noel, Vanheest, Zaneteas y Rodgers (2003).

Fuente: elaboración propia

Encontramos diferentes estudios que describen en función de las posiciones de juego la talla, peso, % grasa e IMC de los jugadores (Tabla 12). Otros estudios únicamente describen la talla y el peso (Tabla 13). Se puede observar que los jugadores linieros son los deportistas de gran tamaño y talla y los jugadores de

habilidad son los más pequeños. Además, observamos que los niveles de porcentaje de grasa son mayores en los linieros contrario a los jugadores de habilidad que suelen presentar los porcentajes más bajos.

Tabla 12
Composición corporal de los jugadores de fútbol americano

Variable	Jugadores de NFL (Bosch et al., 2014)		Division I de NCAA (Borchers et al., 2009)		Colegiales de USA (Steffes et al., 2013)	
	Media ± DE	n	Media ± DE	n	Media ± DE	n
Jugadores de habilidad						
Edad (años)	23.6 ± 2.0	125	-	-	-	-
Talla (cm)	183.8 ± 3.9	125	-	-	-	-
Peso (kg)	92.3 ± 6.2	125	-	-	86.2 ± 5.4	26
Grasa (%)	12.0 ± 3.0	125	11.73 ± 3.6	29	10.1 ± 3.6	26
IMC (kg.m ⁻²)	27.3 ± 1.8	125	-	-	25.8 ± 1.9	26
Jugadores grandes de habilidad						
Edad (años)	-	-	-	-	-	-
Talla (cm)	-	-	-	-	-	-
Peso (kg)	-	-	-	-	95.0 ± 10.0	33
Grasa (%)	-	-	14.42 ± 3.7	31	14.7 ± 4.5	33
IMC (kg.m ⁻²)	-	-	-	-	27.9 ± 2.5	33
Linieros						
Edad (años)	24.0 ± 2.4	123	-	-	-	-
Talla (cm)	191.9 ± 3.7	123	-	-	-	-
Peso (kg)	137.1 ± 11.7	123	-	-	121.4 ± 10.8	23
Grasa (%)	27.0 ± 6.0	123	25.62 ± 5.2	30	22.9 ± 4.0	23
IMC (kg.m ⁻²)	37.3 ± 3.5	123	-	-	32.9 ± 2.7	23

Fuente: elaboración propia

Tabla 13
Talla y peso de jugadores de fútbol americano

Variables	Jugadores japoneses (Yamashita et al., 2017)		Jugadores italianos (Vitale et al., 2016)		División I de NCAA (Jacobson et al., 2013)	
	Media ± DE	n	Media ± DE	n	Media ± DE	n
Jugadores de habilidad						
Talla (cm)	176 ± 5	17	178.5 ± 6.1	18	183.3 ± 4.8	11
Masa (kg)	80.0 ± 6.62	17	77.2 ± 8.2	18	86.9 ± 5.7	11
Jugadores grandes de habilidad						
Talla (cm)	179 ± 5	11	179.9 ± 4.9	16	-	-
Peso (kg)	92.1 ± 9.78	11	92.3 ± 10.8	16	-	-
Linieros						
Talla (cm)	183 ± 5	17	185.1 ± 7.2	16	192.5 ± 4.5	17
Peso (kg)	119.8 ± 14.0	17	115.3 ± 18.9	16	132.4 ± 8.2	17

Fuente: elaboración propia

Un estudio además de evaluar el porcentaje de grasa, compara parámetros vasculares y cardiovasculares entre jugadores de fútbol americano y atletas del grupo control, los jugadores de fútbol americano tenían un mayor porcentaje de masa grasa con respecto al grupo control ($29.2 \pm 7.9\%$ versus $23.2 \pm 7.0\%$ respectivamente), y un peor perfil vascular y cardiovascular (Feairheller et al., 2016). Melvin et al. (2014) destacan que los linieros de división I de NCAA son los jugadores que presentan porcentajes de grasa más elevados con respecto jugadores de otras posiciones de juego.

Otros autores han comparado entre los jugadores linieros, linebackers, corredores, alas cerradas de la NFL, concluyendo que linebackers y corredores son similares para todas las medidas de grasa y la masa magra (Dengel et al., 2014).

Por otro lado, Binkley, Daughters, Weidauer y Vukovich (2015) encontraron en un estudio que después de una temporada de competición los jugadores tienden a mejorar la composición corporal, al disminuir sus porcentajes de grasa y aumentar la masa magra. Por su parte Melvin et al. (2014), en su estudio concluye que los deportistas de competición han aumentado la calidad muscular independientemente de las diferencias en la composición corporal.

Otro estudio muestra que la obesidad es un problema importante para los jugadores de fútbol de la escuela secundaria. La mayoría de los jugadores de habilidad (62%) eran de peso saludable y 4% obesidad u obesidad mórbida. En contraste, sólo el 8% de los hombres de línea eran de peso saludable, con un 21% de obesidad mórbida (Skinner, Hasty, Turner, Dreibelbis, & Lohr, 2013).

Los estudios antes mencionados coinciden en que los niveles de obesidad se orientan mayormente en jugadores de línea defensivos u ofensivos, pudiendo traer consecuencias cardiovasculares en un futuro y que por ende, es necesario hacer un monitoreo frecuente.

2.4. Composición corporal y capacidad física

Se ha demostrado científicamente que la composición corporal se asocia con la capacidad física (Boland, Miele, & Delude, 2017; Högström, Pietilä, Nordström, &

Nordström, 2012; Nuzzo, 2015). No obstante, Hamano, et al. (2015) sugieren que los factores que se correlacionan con pruebas físicas difieren dependiendo de las competiciones. Ye et al. (2013) examinaron la relación de la masa muscular esquelética en deportistas de levantamiento de pesas con el levantamiento de peso en sentadilla, prensa de pecho y peso muerto. Reportaron fuertes correlaciones entre la masa muscular esquelética (relativa y objetiva) y el rendimiento de la sentadilla, prensa de pecho y peso muerto. Concluyendo que la masa muscular esquelética es un buen predictor del rendimiento de levantamiento de levantadores de pesos en todas las clases de peso.

Un estudio para conocer la asociación de la masa muscular y la capacidad de carga máxima levantada de lanzadores de bala, demuestra que el rendimiento rotativo de los lanzadores de bala puede no estar directamente correlacionado con la masa corporal magra. En cambio, parece estar estrechamente relacionado con las medidas de la fuerza muscular de sentadilla, press de banca y snatch (Terzis, Kyriazis, Karampatsos, & Georgiadis, 2012). También se ha demostrado la relación entre los cambios de composición corporal y capacidad de fuerza y salto en atletas (Colyer et al., 2016).

Encontramos un estudio en jugadoras de hockey sobre hielo que se propone identificar las variables de capacidad física fuera del hielo que se correlacionan con el rendimiento de juego. Los principales hallazgos de este estudio manifiestan que los tiempos de patinaje más rápidos se asociaron con un% de grasa más bajo. La velocidad del patinaje en las mujeres jugadores de hockey sobre hielo puede mejorarse disminuyendo la grasa, aumentando también la potencia anaeróbica y la

fuerza tanto de la parte inferior y superior del cuerpo en el entrenamiento fuera del hielo (Boland, Miele, & Delude, 2017). Otro estudio sugiere que el porcentaje de grasa corporal puede ser una variable importante para determinar la resistencia cardiovascular y muscular, pero no el rendimiento general de una prueba de aptitud que evalúa la capacidad física en el ejército (Steed, Krull, Morgan, Tucker, & Ludy, 2016).

No solamente se encuentran estudios en el contexto deportivo, sino que también en adultos mayores de 60 años, se ha demostrado que la masa grasa se asocia con una peor capacidad física, mientras que la masa muscular predice una mejor capacidad, especialmente en las extremidades inferiores. Además, ha sido demostrado que la densidad mineral ósea es un buen predictor de la capacidad física, aunque la relación sea más fuerte en las mujeres que en los hombres (Shin, Panton, Dutton, & Ilich, 2011).

Con base a una reflexión y de los estudios anteriormente mencionados podemos mencionar que existe una clara asociación entre la composición corporal y la capacidad física, no obstante, las asociaciones pueden diferir en función de la edad, deporte o sexo. Por ello, nosotros pretendemos conocer las asociaciones que existen entre masa grasa y masa magra con la capacidad física evaluada a través de diferentes tests específicos al fútbol americano.



OBJETIVOS

3. OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la capacidad física y composición corporal en jugadores de fútbol americano que compiten al máximo nivel en México.

Objetivos específicos

1. Determinar la capacidad física de jugadores de fútbol americano que compiten al máximo nivel en México.
2. Comparar la capacidad física de los jugadores de fútbol americano mexicanos en función de las posiciones de juego.
3. Comparar la capacidad física, talla y peso por agrupación de posición de juego entre jugadores mexicanos de fútbol americano y equipos internacionales.
4. Determinar la distribución compartimental de la composición corporal de jugadores de fútbol americano que compiten al máximo nivel en México.
5. Comparar la composición corporal de jugadores mexicanos entre las agrupaciones de posiciones de juego y contra jugadores de otros niveles competitivos.
6. Desarrollar ecuaciones antropométricas para el cálculo de la masa grasa usando como estándar de oro un modelo de tres compartimentos.

7. Desarrollar ecuaciones antropométricas para el cálculo de la masa magra usando como estándar de oro el DEXA en jugadores de fútbol americano que compiten al máximo nivel en México.
8. Analizar la asociación de la capacidad física y la composición corporal en jugadores mexicanos de fútbol americano.



METODOLOGÍA

4. METODOLOGÍA

Se describe el diseño de investigación, selección y tipo de muestra, criterios de inclusión, así como el protocolo, pruebas e instrumentos utilizados.

4.1. Diseño de estudio

El presente estudio es de tipo transversal con un enfoque cuantitativo de tipo no experimental comparativo correlacional-descriptivo.

4.2. Sujetos

Noventa y un jugadores mexicanos de fútbol americano de 22.4 ± 1.7 años, de 95.2 ± 20.0 kg de peso y 179.2 ± 6.4 cm de altura, del equipo Auténticos Tigres de la Universidad Autónoma de Nuevo León de México (campeones en el 2015 y 2016) que compiten en la Liga Mayor de la Organización Nacional Estudiantil de Fútbol Americano fueron invitados previo al inicio de la temporada 2016 a participar en el estudio a través de sus entrenadores. El volumen semanal de entrenamiento en los últimos 6 meses fue 18 horas de entrenamiento por semana, con un promedio de 3.5 años de experiencia en este deporte (Tabla 14). Acorde a Sierer et al. (2008), la muestra fue subdividida en tres grupos:

Jugadores de habilidad (n=47)

Jugadores grandes de habilidad (n=15)

Linieros (n=29)

Fueron descartados aquellos jugadores que padecieran alguna enfermedad o lesión al momento o durante el estudio o que hayan realizado todas las pruebas. Los jugadores en todo momento fueron conscientes de los objetivos del estudio, cada jugador firmó un su consentimiento informado.

Tabla 14
Características morfológicas de la población

N= 91	Media \pm DE	Rango
Edad (años)	22.4 \pm 1.7	6.5
Peso (kg)	95.2 \pm 20.0	93.5
Talla (cm)	179.2 \pm 6.4	34.0
IMC (kg/m ²)	29.3 \pm 5.2	23.0
% grasa	21.9 \pm 6.8	30.2
Volumen de entrenamiento (h/semana)	18 \pm 0	0
Experiencia en fútbol americano (años)	3.5 \pm 0.5	5

Fuente: elaboración propia

4.3. Protocolo

En un mismo día entre las 6:00 am y las 10:00 am fue medida la composición corporal con DEXA, pletismografía por desplazamiento de aire y antropometría. Por la tarde, en orden aleatorio y en días alternados para evitar la influencia del entrenamiento fue medida la velocidad-agilidad, salto y carga máxima. Las pruebas físicas se realizaron entre las 5:00 pm y las 7:00 pm. Todas las pruebas se realizaron

dentro de una misma semana. Los sujetos estaban a dos semanas de empezar su temporada. Los días que no hicieron pruebas realizaron sesiones de entrenamiento de recuperación o de trabajo táctico específico con videos o en cancha sin llegar a realizar sobrecargas extenuantes.

4.4. Instrumentos y test para la recolección de datos

La prueba e instrumento para determinar la composición corporal fue la DEXA, mientras que para obtener el porcentaje de grasa y desarrollar las ecuaciones bajo el modelo de 3 compartimientos fue considerada la pletismografía por desplazamiento de aire, antropometría y la ecuación de 3 compartimientos. La capacidad física fue evaluada mediante los test de a) velocidad: con esprín en 40 yardas, b) agilidad: con los test 3 cone drill y pro drill, c) carga máxima levantada (1RM): en sentadilla con flexión de rodillas a 90 grados, prensa de pecho y power clean c) salto: test de salto vertical (vertical jump) y salto de longitud (broad jump).

4.4.1. Capacidad física

Las pruebas de agilidad y velocidad fueron realizadas en una cancha de fútbol americano con dimensiones oficiales y de superficie sintética con una temperatura entre 32 y 35 °C con una humedad entre 60 y 78 % y con un viento de 1.4 ± 0.3 m/s. Las pruebas de salto y carga máxima se realizaron en un gimnasio de musculación con una temperatura de 23 a 25 °C con una humedad de entre 65 y 75%. Los sujetos fueron libres de consumir agua en el momento que lo requirieron.

I. Carga Máxima (1RM): La prueba se llevó a cabo como se describió previamente por Hoffman (2006). Cada atleta realizó un calentamiento usando una resistencia aproximadamente del 40-60% de su máximo percibida y posteriormente realizaron 3-4 intentos para determinar la 1RM. Un período de 3 a 5 minutos de recuperación fue dado entre cada intento. No se permitió el rebote. Fueron utilizadas barras olímpicas *IVANKO* de 45 libras y discos olímpicos de 10, 25, 35, 45 libras.

Los ejercicios realizados fueron a) sentadilla, b) prensa de pecho y c) power clean. La metodología de la técnica de los ejercicios fue descrita previamente por Kraemer y Fry (1995).

a) Sentadilla:

Los sujetos realizaron una sentadilla con una flexión de rodilla de 90° en fase excéntrica de cada.

Las indicaciones básicas para realizar la prueba constan en que la persona sujete la barra con un agarre firme y en pronación, siendo la distancia entre las manos ligeramente mayor a la existente entre los hombros. La barra debe colocarse por encima de los deltoides posteriores (posición alta de la barra). Los pies deben estar ligeramente más separados que la anchura de los hombros y apuntando un poco hacia afuera cuando el sujeto inicia la bajada. El sujeto alcanza el punto más inferior del descenso cuando la parte superior de los muslos

esta paralela al suelo y la barra debería levantarse en un movimiento continuo sin ayuda (Miller, 2016)

b) Prensa de pecho:

La realización del ejercicio se llevó acabo acostado en posición cubito supino sobre un banco olímpico plano, apoyando los glúteos y con la espalda semi-arqueada, las rodillas flexionadas a 90° y los pies apoyados en el suelo. Los antebrazos en pronación y separados algo más a la anchura de los hombros, bajando la barra hasta que toque con el pecho, siempre de manera controlada, y subiendo la barra hasta que los codos estén completamente extendidos (Antón, 2011).

c) Power clean:

La ejecución comienza con una extensión de caderas y rodillas, elevando la barra desde el suelo con un tirón. Los hombros se elevan primero, el desplazamiento de la barra debe ir lo más cercano al cuerpo cuidando que no se aleje. Cuando la barra pasa la altura de las rodillas se impulsa la barra hacia el frente y se flexionan las rodillas con el fin de recibir el peso de la barra, tomando una posición de sentadilla. Finalmente se hace un tirón para llevar la barra a la altura de los hombros, sobre el deltoides, posteriormente se extiende la cadera y rodilla. Cuando la barra esta sobre los hombros y la posición del cuerpo está extendida, se ha terminado el ejercicio.

II. Velocidad: Los jugadores efectuaron dos esprines de una distancia de 40 yardas (36.6 m). Se usó un equipo con sistema portátil de fotocélula inalámbrica (Witty, MICROGATE, Bolzano, Italia). Tienen un alcance de 150 metros, son muy fiables. La transmisión de radio garantiza que los datos adquiridos se transmitan al temporalizador con una presión de ± 0.4 milésimas de segundo. Módulo de radio multifrecuencia del transceptor 433-434 MHz (Microgate, 2015).

La salida fue en una posición de tres puntos en el momento que estaban listos. Durante la carrera el jugador fue alentado para ejecutar su máximo esfuerzo, se le pidió mantener la máxima velocidad durante todo el recorrido.

III. Agilidad: Se realizaron las pruebas de 3 cone drill y pro drill. Se usó un cronómetro Sportline 240 con una precisión de 0.01 seg (Sportline, Elmsford, NY, USA), para determinar el tiempo de realización de las pruebas. Previamente estudios han utilizado el cronómetro para medir el tiempo de estas pruebas (Hoffman, Ratamess, Faigenbaum & Kang, 2007).

1. **3 cone drill:** Esta prueba tiene una distancia entre los conos de 5 yardas. La parte inicial de este ejercicio comienza con una carrera de ida; el atleta comienza en el primer cono y corre al segundo, enseguida vuelve al primer cono. Después de tocar la línea con la mano derecha regresa al segundo cono, esta vez girando alrededor del cono hacia la derecha manteniendo el cono de su lado derecho, y continúan corriendo

al tercer cono. Dan vueltas en sentido contrario a las manecillas del reloj alrededor del cono 3 e inmediatamente saltan directamente alrededor del segundo finalizando en el primer cono.

Los jugadores realizaron dos intentos. El tiempo de recuperación entre cada intento fue de 2 minutos. La salida fue a la señal del técnico.

El jugador en todo momento fue alentado a dar su máximo esfuerzo, se le pidió al jugador mantener la máxima velocidad en todo el recorrido. Three cone drill es una prueba que tiene un coeficiente de confiabilidad de $r > .90$ (Hoffman, Ratamess, Faigenbaum & Kang, 2007).

2. Pro drill: Los atletas comienzan el test en la línea de 5 yardas (línea media) en una posición de tres puntos. A continuación, corren hacia la derecha, tocando la línea con la mano derecha. De inmediato se dan la vuelta y esprín a la línea de 10 yardas tocando esta línea con su mano izquierda. Finalmente, una vez más se dan la vuelta y corren a través a la línea de meta (la línea media se encuentra en la línea de 5 yardas) (Sierer et al. 2008).

Los jugadores realizaron dos intentos con dos minutos de recuperación entre cada intento. La salida fue a la señal del técnico. El jugador en todo momento fue alentado a dar su máximo esfuerzo, se le pidió al jugador mantener la máxima velocidad en todo el recorrido.

IV. Salto: Se utilizó un tapete para realizar la prueba de salto de longitud (long jump tester power systems, Knoxville, TN, USA) y para el salto vertical un vertec (Vertec, JumpUSA, Sunnyvale, CA, USA).

1. **Salto de longitud:** El test se llevó acabo de acuerdo con Robbins (2012). El salto horizontal es una prueba de habilidad de salto horizontal. Desde una posición de pie con los dos pies, usando un contra-movimiento y balanceo del brazo, el jugador salta hacia adelante para la distancia máxima. La distancia de salto se mide como la distancia desde la línea de inicio hasta la parte más cercana del cuerpo al aterrizar (este es típicamente el punto de contacto del talón. Esta prueba es fiable (ICC = 0.95; CV = 2.4%) (Markovic, Dizdar, Jukic, & Cardinale, 2004).

2. **Salto vertical:** La prueba se llevó acabo de acuerdo a lo establecido por Robbins (2012). Los jugadores tenían que realizar un salto desde una posición de pie con 2 pies juntos haciendo un contra-movimiento y balanceo del brazo. En la cima del salto, el jugador alcanza lo más alto posible con una sola mano con las paletas horizontales del vertec. La altura del salto vertical se calcula restando la altura de alcance vertical del jugador desde la altura de la paleta más alta movida. Un estudio soporta la fiabilidad de la altura del salto utilizando el vertec (Leard, et al., 2007), por otro lado, otro estudio manifiesta la fiabilidad de la prueba

y del instrumento en la aplicación a varones (Nuzzo, Anning, & Scharfenberg, 2011).

4.4.2. Composición corporal

Para las pruebas de composición corporal se les solicitó a los jugadores vestir pantalón corto de licra, y no haber ingerido bebidas alcohólicas por lo menos tres días antes de la prueba y no haber consumido alimentos por lo menos tres horas previas a las mediciones.

II. DEXA: Los sujetos fueron escaneados siguiendo las recomendaciones de Mazess et al. (1990). Fue utilizado el equipo Lunar Prodigy, (General Electric Medical Systems Ultrasound & Primary Care Diagnostics LLC. Madison, WI, EE. UU.) y software enCORE © 2014 GE Healthcare Lunar (General Electric Medical Systems Ultrasound & Primary Care Diagnostics LLC. Madison, WI, EE. UU.) para determinar la cuantificación de los tejidos de grasa, magro y contenido mineral óseo (CMO).

Se hace la calibración correspondiente previa a las mediciones. Las calibraciones se realizaron por un mismo técnico para evitar cualquier variabilidad entre observadores. Los participantes fueron instruidos para eliminar todos los objetos metálicos y asumir una posición en decúbito supino sobre la mesa de exploración.

Durante la exploración, se pidió a los participantes permanecer inmóvil, con los brazos extendidos a los costados y las palmas de las manos en

posiciones neutras. Tiras de velcro se utilizaron para asegurar las rodillas y los tobillos. El tiempo de análisis fue de aproximadamente siete minutos por participante.

La fiabilidad y la validez de la DEXA para determinar la composición corporal han sido descritas anteriormente por Glickman, Marn, Supiano y Dengel (2004) y Svendsen, Haarbo, Hassage y Christiansen (1993).

III. Pletismografía por desplazamiento de aire: Fue utilizado el *Bod Pod Gold Standard modelo 2007^a* (Cosmed USA, Inc, Chicago, IL, EE. UU.) software 5.2.0. (Cosmed USA, Inc, Chicago, IL, EE. UU.) software 5.2.0. (Cosmed USA, Inc, Chicago, IL, EE. UU.) para determinar la densidad corporal y el porcentaje graso. El funcionamiento del BOD POD siguió las recomendaciones del fabricante (BOD POD® Gold Standard, Body Composition Tracking System Operator's Manual).

El instrumento se calibró diariamente y se realizó una segunda calibración inmediatamente antes de la sesión del participante.

Las calibraciones se realizaron con el objetivo de minimizar el error potencial debido al aire atrapado isotérmico en la ropa y el pelo; todos los participantes llevaron trajes de baño y/o licra y gorro de natación.

Se siguió el protocolo estándar recomendado para el Bod Pod, repitiendo la prueba en caso de ser necesario hasta que el valor mérito sea inferior a 1, la presión de aire (airway) <35 mm de H²O y el volumen pulmonar medido y estimado no haya variado por más de 1.0 L. Este método tiene

buena capacidad de repetición de la medición con altos coeficientes fiabilidad y bajos coeficientes de variabilidad (Fields, Goran, & McCrory, 2002; Tucker, Lecheminant, & Bailey, 2014).

IV. Antropometría: Esta técnica fue realizada siguiendo las recomendaciones de la *Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría* (ISAK), siendo realizadas todas las mediciones por personal certificado con nivel 1 de la ISAK (Marfell-Jones, Stewart, & de Ridder, 2012).

1. Talla y masa: La talla fue medida con un estadiómetro (SECA 225, Hamburgo, Alemania), el cual tiene una presión de 0.1 cm. La talla se tomó de pie con los pies juntos y brazos a los costados en un plano horizontal de Frankfurt.

Para obtener la masa se utilizó una báscula electrónica de piso (SECA 813 Hamburgo, Alemania), de alta capacidad y estabilidad, con baja plataforma y pantalla indicadora LCD. Capacidad 200 kg, división de 100 g.

2. Circunferencias: fueron medidas 5 circunferencias con una cinta metálica (0 - 200 cm \pm 1 mm, Rosscraft, BC, Canadá). La cinta está calibrada en cm, con graduaciones en mm.

3. Diámetros: Se realizaron dos medidas de diámetros óseos (bicondíleo del humero y bicondíleo del fémur) con un antropómetro (Rosscraft, Canadá; precisión: 0,1mm).

4. Pliegues Cutáneos: se midieron 8 pliegues (piel más tejido adiposo subcutáneo) con un plicómetro (Harpندن, John Bull British Indicators®, England) con una presión constante de 10 g/mm y una precisión de 0.2 mm.

Adicional a estos materiales fue utilizado:

5. Lápiz demográfico: para marcar los puntos anatómicos de referencia.

6. Cajón antropométrico: la caja es útil para medir circunferencias y diámetros.

V. Modelo 3 compartimentos (M3C): Lohman (1986), propuso la combinación de la densidad corporal (BOD POD) con la medición del contenido mineral óseo (DEXA) para calcular la masa grasa corporal y desarrollar un M3C que controla biológicamente la variabilidad en la masa mineral total del cuerpo. Este modelo supone una constante relación entre la proteína y el agua corporal total de 0.26.

Ecuación 1: Masa grasa % = $6.386 / DC - (3.96 \times M) - 6.090$ (Lohman, 1986).

El software de la DEXA estimó las cenizas óseas (CO) en cada región explorada del cuerpo y las sumó para proporcionar el valor total. Las cenizas óseas totales reportadas por el equipo se utilizaron para estimar el contenido mineral óseo (CMO) de la siguiente fórmula (Withers et al., 1999):

$CMO = CO \times (1.279)$.

El CMO finalmente fue incorporado a la ecuación del M3C para obtener el porcentaje de grasa total.

4.4.3. Selección de estudios

Durante el periodo enero de 2016 a diciembre de 2017 fue realizada una revisión sistemática en las bases de datos de *Pubmed* y *Google académico* con el objetivo de obtener información de resultados de pruebas de capacidad física, peso y talla. Se aceptaron los artículos más relevantes publicados en los últimos años (desde el 2000 hasta la actualidad), todos relacionados con el tema de estudio. La búsqueda fue realizada principalmente en idioma inglés. Las palabras clave fueron: *american football players, body composition, physical tests, physical performance, NFL, speed, agility, power, performance testing, body mass, body size*. Los operadores booleanos utilizados fueron “AND” y “OR”. Además, se realizaron combinaciones de ambos para buscar los artículos más relevantes.

Los resultados de búsqueda fueron colocados en una base de datos de Excel para realizar posteriormente comparaciones con los jugadores de fútbol americano de nuestra muestra.

4.5. Descripción de las variables

En la tabla 15 presentamos la descripción de las variables independientes y dependientes de estudio. Realizamos una definición operacional de las variables.

Tabla 15
Descripción de las variables del estudio

Variable	Tipo	Definición operacional	Fuente en forma genérica	Unidad de medida
----------	------	------------------------	--------------------------	------------------

%grasa	Dependiente	Porcentaje de la masa corporal total que se compone de grasa	DEXA, Bod Pod	%
% grasa 3C	Independiente	Porcentaje de grasa con modelo de tres compartimentos	Ecuación de Lohman 3C	%
% masa muscular	Independiente	Medida de la masa magra sin considerar la masa grasa y ósea	DEXA	%
CMO (contenido mineral ósea)	Independiente	Medida de la masa ósea en sitios de corte donde el tejido óseo está totalmente mineralizado.	DEXA	g/cm ²
Pliegues cutáneos	Independiente	Es la cantidad de tejido adiposo subcutáneo.	Plicómetro Harpenden	mm
Circunferencias	Independiente	Es una curva plana y cerrada donde todos sus puntos están a igual distancia del centro	Cinta metálica antropométrica	cm
Peso	Independiente	Gramos de peso corporal total.	Báscula digital	kg
Talla	Independiente	Máxima talla vertical desde la planta de los pies hasta el vértex.	Estadiómetro	cm
Velocidad	Independiente	El tiempo máximo	Células	segundos

		logrado en un sprint de 40 yardas	fotoeléctricas	
Agilidad	Independiente	Tiempo máximo realizado en test que combinan cambios de dirección y velocidad.	Cronómetros	segundos
Carga máxima	Independiente	Libras máximas cargadas en tres ejercicios	Barras y discos Olímpicos	libras
Salto	Independiente	Distancia máxima alcanzada de un salto.	Vertec y Broad jump	cm

Fuente: elaboración propia

4.6. Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo con el software NCSS 8 (Hintze, NCSS 8. NCSS, LLC. Kaysville, Utah, USA) y MedCalc® versión 12.3.0.0 (MedCalc Software vBva 1993-2012).

Para todas las variables se realizó la prueba de normalidad mediante la prueba de Kolmogorov Smirnov ($p > .05$) y Shapiro y Wilk (1965). Adicionalmente se realizó la detección de valores fuera de rango (outliers) como parte del control de calidad de los datos, utilizando el método Tukey para comprobar la existencia de valores extremos a cada lado de la muestra (Tukey, 1977). Un valor extremo es un valor que puede causar datos falsos o alteraciones en los resultados. Con los

resultados obtenidos se revisó si los valores encontrados se debían a algún error de captura o si resultaban implausibles biológicamente.

Para describir la composición corporal y la capacidad física de los jugadores se obtuvieron valores medios y desviación estándar para cada una de las variables (media \pm DE). El análisis de varianza (ANOVA de un factor) fue utilizado para hacer la comparación de la composición corporal y capacidad física entre los grupos. Dividimos nuestro nivel de alfa a priori de 0.05 entre 3 (nivel de alfa utilizados en los análisis $p \leq .0167$) con el fin de minimizar el riesgo de errores de tipo I realizando múltiples comparaciones entre los tres grupos posicionales (Sierer et al., 2008).

La comparación de las características antropométricas y de capacidad física de los jugadores mexicanos, con jugadores de otros equipos internacionales fue realizada mediante la prueba t- test no pareadas para datos con distribución normal. Se realizaron comparando las puntuaciones medias de los jugadores mexicanos contra otros jugadores de diferentes equipos internacionales: estatura del jugador, masa del jugador, tiempo en segundos del test de 40 yardas, altura de salto vertical en metros, distancia de salto en metros, test de agilidad pro-agility en segundos, test 3-cone drill en segundos.

Para el desarrollo de las ecuaciones todas las variables independientes (pliegues cutáneos, circunferencias, diámetros), fueron evaluadas con el uso de la correlación simple para verificar su asociación significativa con la variable dependiente (porcentaje de grasa del modelo de 3 compartimentos y porcentaje de masa magra), la homogeneidad de la varianza de los residuales y su normalidad.

- Linealidad

La prueba de linealidad entre la variable independiente y la variable dependiente se utilizó para detectar una desviación del ajuste lineal, mediante una gráfica de regresión y la prueba de F ($p < .05$). Se expresa como la desviación máxima de cualquier punto de calibración a una línea recta determinada. Se podrá identificar la linealidad si la pendiente no es significativamente diferente de uno y el intercepto no es significativamente diferente de cero. Es decir, que la línea de regresión no difiere de la línea de identidad.

- Homogeneidad de la varianza

La homogeneidad de la varianza de la variable dependiente versus la variable independiente fue aprobada mediante una gráfica de residuales. Es preciso atender que la distribución de los residuales sea normal y sin tendencia, con un patrón aleatorio y una distribución rectangular o uniforme de los puntos. Una gráfica con tendencia positiva (incremento) o negativa (decremento) de los residuales indica una varianza no constante y una necesidad importante de redefinir el modelo. La prueba de Levene se empleó para verificar la homogeneidad de la varianza.

- Normalidad

La normalidad de los residuales se probó mediante la prueba de Shapiro y Wilk (1965) ($p > .05$). Se observó también mediante una gráfica de probabilidad si los residuales estaban distribuidos de forma normal (puntos de cada dato que caen en la gráfica a lo largo de una línea recta). Los datos sesgados en cada extremo de la gráfica indicaron valores atípicos. La curvatura en ambos extremos de la gráfica indicó una larga o corta distribución. Si la curvatura es convexa o cóncava indicaba una falta de simetría. Curvaturas en forma de lagunas, mesetas o segmentación indican aglomeración y podrían requerir un examen más detenido de los datos o incluso del modelo.

También se observó un histograma para verificar la normalidad de la distribución de los residuales. Si la mayoría de los datos se encontraban en los intervalos intermedios, era indicativo de que la variación de los residuales con respecto al promedio se encontraba bajo control. Si el histograma muestra una distribución hacia la izquierda, ello es sinónimo de decrecimiento de los datos. Si el histograma mostraba elevaciones en los datos en ambos extremos, ello es indicación de que hay serias inconsistencias en los datos.

Se empleó el método de regresión escalonada (stepwise) para elegir el mejor modelo de predicción o ecuación. La regresión escalonada es una modificación del método de selección hacia delante, de manera que después de cada paso en el que se añade una variable, todas las variables candidatas en el modelo se comprueban para ver si su significancia se ha reducido por debajo del nivel de tolerancia especificado. Si se encuentra una variable no significativa, se elimina del modelo. Se emplearon la raíz cuadrada (R^2) y la raíz cuadrada media de error estándar (SRMSE)

como criterios para seleccionar los mejores modelos. El porcentaje de grasa o el porcentaje de masa magra es la variable dependiente. Las variables independientes predictoras son los pliegues cutáneos, circunferencias, diámetros.

Para la obtención de los modelos, las variables fueron sometidas a un análisis de regresión múltiple por el método de mínimos cuadrados.

Diagnóstico del modelo de regresión de la ecuación

- Colinealidad

La correlación entre las variables independientes fue evaluada con el diagnóstico de la regresión para descartar la presencia de colinealidad (correlación entre variables independientes) utilizando los siguientes parámetros: un número de acondicionamiento > 30 y un factor de inflación de la varianza ($VIF < 10$).

Finalmente realizamos un análisis de las variables de capacidad física y composición corporal a través de un análisis de correlación de Spearman para determinar si el CC (grasa corporal o masa magra) podían explicar la capacidad física (carga máxima levantada, rapidez, agilidad y salto. Cabe destacar que la asociación de variables de carga máxima levantada, expresada en 1RM, fueron transformados en valores relativos. En este caso el índice de fuerza relativa (IFR) fue el valor que se usó para la asociación.



RESULTADOS

5. RESULTADOS

5.1. Capacidad física

Los jugadores de fútbol americano independientemente de la posición de juego realizan 5.3 ± 0.3 s en 40 yardas línea recta, en Pro drill hacen 4.8 ± 0.3 s, en el 3 cone drill 8.1 ± 0.6 s, en 1RM en sentadilla cargan 349.5 ± 54.9 lb, en power clean 231.7 ± 28.4 lb, en prensa de pecho 254.5 ± 43.9 lb y en salto horizontal 2.2 ± 0.2 m y salto vertical 0.6 ± 0.1 m.

5.1.1. Capacidad física por agrupación de posición de juego

Existen diferencias significativas en cuanto a la velocidad y agilidad en relación a la posición de juego ($p \leq .0167$). Los jugadores de habilidad muestran ser los jugadores más rápidos y ágiles.

Los linieros levantan más carga que los jugadores grandes de habilidad y de habilidad ($p \leq .0167$), no así en power clean que la diferencia no fue significativa ($p > .0167$). En prensa de pecho solamente los linieros levantaron significativamente más carga que los jugadores de habilidad.

En cuanto a la capacidad de salto, los jugadores de habilidad son los que mayor distancia cubren tanto en el salto horizontal como el vertical ($p \leq .0167$) (Tabla 16).

Tabla 16
Capacidad física de acuerdo a la agrupación por posición de juego

Variables	Jugadores de habilidad		Jugadores grandes de habilidad		Linieros	
	Media \pm DE	n	Media \pm DE	n	Media \pm DE	n
40 yardas (s)	5.1 \pm 0.2	41	5.3 \pm 0.2 ^a	15	5.6 \pm 0.3 ^{ab}	29
Pro-drill (s)	4.6 \pm 0.2	38	4.8 \pm 0.2 ^a	15	5.0 \pm 0.2 ^{ab}	26
3 cone drill (s)	7.7 \pm 0.2	39	8.0 \pm 0.3 ^a	14	8.7 \pm 0.6 ^{ab}	27
Sentadilla (lb)	319.3 \pm 40.0	39	339.3 \pm 30.8	14	398.7 \pm 50.7 ^{ab}	27
Power clean (lb)	229.2 \pm 31.8	40	230.0 \pm 26.2	14	236.1 \pm 24.7	27
Prensa de pecho (lb)	238.6 \pm 34.7	44	265.6 \pm 29.4	15	289.2 \pm 45.0 ^a	28
Salto horizontal (m)	2.29 \pm 0.18	40	2.14 \pm 0.14 ^a	15	2.02 \pm 0.27 ^a	27
Salto vertical (m)	0.63 \pm 0.09	37	0.54 \pm 0.08 ^a	13	0.50 \pm 0.10 ^a	28

Letras superíndices (a, b) indican una diferencia significativa con respecto a los jugadores de habilidad $p \leq .0167$

5.2 Composición corporal

Los jugadores de fútbol americano mexicanos presentan como media un peso de 95.2 \pm 20.0 kg, una talla de 179.2 \pm 6.4 cm, IMC de 29.3 \pm 5.2 kg/m², masa grasa de 21.6 \pm 11.0 kg, masa magra de 68.7 \pm 9.2 kg y contenido mineral óseo 3.6 \pm 0.4 kg.

5.2.1. Composición corporal por agrupación de posición de juego

Los linieros son más altos, tienen mayor: IMC, contenido mineral óseo, masa magra y masa grasa, con respecto a los jugadores de habilidad y grandes de habilidad ($p \leq .0167$). Por otra parte, los jugadores de habilidad son de menor peso, tamaño, IMC, masa grasa, masa magra y contenido mineral óseo con respecto a los jugadores grandes de habilidad y linieros ($p \leq .0167$) (Tabla 17).

Tabla 17
Composición corporal de jugadores mexicanos de fútbol americano

	Jugadores de habilidad	Jugadores grandes de habilidad	Linieros
	Media \pm DE	Media \pm DE	Media \pm DE
Peso (kg)	80.9 \pm 9.0	93.7 \pm 6.1 ^a	116.2 \pm 14.1 ^{ab}
Talla (cm)	176.3 \pm 6.4	178.9 \pm 4.5	183.8 \pm 4.0 ^{ab}
IMC (kg/m ²)	26.0 \pm 2.1	29.2 \pm 1.4 ^a	34.5 \pm 4.9 ^{ab}
Masa grasa (kg)	14.6 \pm 4.1	21.7 \pm 4.5 ^a	33.4 \pm 11.6 ^{ab}
Masa magra (kg)	62.9 \pm 6.3	68.3 \pm 3.4 ^a	78.8 \pm 6.6 ^{ab}
CMO (kg)	3.4 \pm 0.3	3.6 \pm 0.4 ^a	4.0 \pm 0.3 ^{ab}
Grasa (%)	17.9 \pm 3.9	23.0 \pm 3.5 ^a	28.1 \pm 7.2 ^{ab}

CMO: contenido mineral óseo

Letras superíndices (a, b) indican una diferencia significativa con respecto a los jugadores de habilidad $p \leq .0167$

5.3 Comparación de la capacidad física, talla y peso de jugadores mexicanos y otros equipos internacionales

La revisión dio como resultado 8 artículos en la base de datos *Pubmed* y 3 en *Google académico*, los cuales fueron revisados, seleccionando 5 artículos realizados en jugadores italianos (Vitale et al., 2016), japoneses (Yamashita et al., 2017), norteamericanos de NCAA de I división (Jacobson et al., 2013) y III división (Hoffman et al., 2011) y jugadores del drafted de NFL (Sierer et al., 2008).

Los resultados de comparar las características antropométricas y de capacidad física de los jugadores de mexicanos versus jugadores italianos, división I y III de NCAA, japoneses y drafted de NFL son mostradas en la tabla 18.

Los jugadores de drafted de NFL, estadísticamente son de mayor capacidad física, talla y peso que los jugadores mexicanos en cada uno de los grupos de posición de juego. No se encontraron diferencias significativas para la capacidad física y de talla y peso en los jugadores grandes de habilidad mexicanos y los jugadores italianos. Los jugadores de habilidad mexicanos solo presentan diferencias significativas en la prueba 3 cone drill y 40 yardas, por su parte los linieros difirieron solo en la prueba test de agilidad.

Se encuentran diferencias significativas ($p < .0167$) en la talla, peso, 40 yardas, y salto vertical respecto de jugadores de división I de NCAA respecto a los mexicanos (Tabla 18).

Tabla 18
Características antropométricas y capacidad física de jugadores de futbol americano mexicanos e internacionales

Variables	Mexicanos			Italianos (vitale et al., 2016)			División I NCAA (Jacobson et al., 2013)			Drafted NFL (Sierer et al., 2008)		
	Media ± DE	n		Media ± DE	n	p	Media ± DE	N	p	Media ± DE	n	p
Jugadores de habilidad (RB, WR, DB)												
Talla (cm)	176.3 ± 6.4	47		178.5 ± 6.1	18	0.214	183.3 ± 4.8	11	<0.001†	181.9 ± 5.7	321	<0.001†
Peso (kg)	80.9 ± 9.0	47		77.2 ± 8.2	18	0.134	86.9 ± 5.7	11	<0.011†	91.6 ± 7.7	321	<0.001†
40 yd.(s)	5.10 ± 0.2	41		5.18 ± 0.24	18	0.226	4.50 ± 0.10	11	<0.001†	4.49 ± 0.09	321	<0.001†
Pro-Drill (s)	4.60 ± 0.2	38		4.58 ± 0.24	18	0.761	-	-	-	4.08 ± 0.14	321	<0.001†
3-Cone-drill (s)	7.70 ± 0.2	39		8.39 ± 0.47	18	<0.001†	-	-	-	7.01 ± 0.22	321	<0.001†
Salto horizontal (m)	2.29 ± 0.18	40		2.42 ± 0.14	18	0.005†	-	-	-	3.05 ± 0.15	321	<0.001†
Salto vertical (m)	0.63 ± 0.09	37		0.53 ± 0.7	18		0.90 ± 0.06	11	<0.001†	0.93 ± 0.07	321	<0.001†
Jugadores grandes de habilidad (FB, TE, LB)												
Talla (m)	178.9 ± 4.5	15		179.9 ± 4.9	16	0.558	-	-	-	190.0 ± 4.2	321	<0.001†
Peso (kg)	93.7 ± 6.1	15		92.3 ± 10.8	16	0.658	-	-	-	114.9 ± 7.3	321	<0.001†
40 yd (s)	5.30 ± 0.2	15		5.47 ± 0.36	16	0.115	-	-	-	4.74 ± 0.14	321	<0.001†
Pro-Drill (s)	4.80 ± 0.2	14		4.76 ± 0.18	16	0.572	-	-	-	4.24 ± 0.18	321	<0.001†
3-Cone-drill (s)	8.00 ± 0.3	14		8.33 ± 0.45	16	0.024	-	-	-	7.26 ± 0.27	321	<0.001†
Salto horizontal (m)	2.14 ± 0.14	15		2.25 ± 0.20	16	0.086	-	-	-	2.94 ± 0.14	321	<0.001†
Salto vertical (m)	0.54 ± 0.08	13		0.49 ± 0.09	16	0.125	-	-	-	0.87 ± 0.07	321	<0.001†
Linieros (OL, DL)												
Talla (m)	183.8 ± 4.0	28		185.1 ± 7.2	16	0.513	192.5 ± 4.5	17	<0.001†	194.3 ± 4.1	321	<0.001†
Peso (kg)	116.2 ± 14.1	28		115.3 ± 18.9	16	0.870	132.4 ± 8.2	17	<0.001†	142.4 ± 6.8	321	<0.001†
40 yd (s)	5.60 ± 0.3	29		5.87 ± 0.31	16	0.008†	5.17 ± 0.19	17	<0.001†	5.20 ± 0.18	321	<0.001†
Pro-Drill (s)	5.00 ± 0.2	26		5.16 ± 0.30	16	0.071	-	-	-	4.61 ± 0.17	321	<0.001†
3-Cone-drill (s)	8.70 ± 0.6	27		9.29 ± 0.73	16	0.011†	-	-	-	7.77 ± 0.22	321	<0.001†
Salto horizontal (m)	2.02 ± 0.27	27		2.07 ± 0.24	16	0.533	-	-	-	2.62 ± 0.16	321	<0.001†
Salto vertical (m)	0.50 ± 0.10	28		0.45 ± 0.09	16	0.098	0.67 ± 0.07	17	<0.001†	0.75 ± 0.07	321	<0.001†

RB = running backs; WR = wide receivers; DB = defensive backs; FB = fullbacks; TE = tight ends; LB = linebackers; OL = offensive lines; DL = defensive lines.

Tabla 19

Continuación, Características antropométricas y capacidad física de jugadores de futbol americano mexicanos e internacionales

Variables	Mexicanos		Japoneses (Yamashita et al., 2017)		P	División III NCAA (Hoffman et al.,2011)		
	Media ± DE	n	Media ± DE	n		Media ± DE	n	p
Jugadores de habilidad (RB, WR, DB)								
Talla (cm)	176.3 ± 6.4	47	176.0 ± 5.0	17	0.862	-	-	-
Peso (kg)	80.9 ± 9.0	47	80.0 ± 6.62	17	0.952	-	-	-
40 yd (s)	5.10 ± 0.2	41	4.84 ± 0.12	19	<0.001†	-	-	-
Pro-Drill (s)	4.60 ± 0.2	38	4.44 ± 0.21	19	0.009†	-	-	-
3-Cone-drill (s)	7.70 ± 0.2	39	7.08 ± 0.23	18	<0.001†	-	-	-
Salto horizontal (m)	2.29 ± 0.18	40	2.66 ± 0.15	19	<0.001†	-	-	-
Salto vertical (m)	0.63 ± 0.09	37	0.67 ± 0.07	19	<0.001†	-	-	-
Jugadores grandes de habilidad (FB, TE, LB)								
Talla (m)	178.9 ± 4.5	15	179.0 ± 5.0	11	0.959	-	-	-
Peso (kg)	93.7 ± 6.1	15	92.1 ± 9.78	11	0.639	-	-	-
40 yd (s)	5.30 ± 0.2	15	4.96 ± 0.11	8	<0.001†	-	-	-
Pro-Drill (s)	4.80 ± 0.2	14	4.45 ± 0.25	8	0.005†	-	-	-
3-Cone-drill (s)	8.00 ± 0.3	14	7.17 ± 0.20	9	<0.001†	-	-	-
Salto horizontal (m)	2.14 ± 0.14	15	2.59 ± 0.14	10	<0.001†	-	-	-
Salto vertical (m)	0.54 ± 0.08	13	0.68 ± 0.07	10	<0.001†	-	-	-
Linieros (OL, DL)								
Talla (m)	183.8 ± 4.0	28	183.0 ± 5.0	17	0.580	184.1 ± 5.1	28	0.807
Peso (kg)	116.2 ± 14.1	28	119.8 ± 14.0	17	0.410	110.6 ± 12.6	28	0.123
40 yd (s)	5.60 ± 0.3	29	5.37 ± 0.31	14	0.030	5.04 ± 0.35	28	<0.001†
Pro-Drill (s)	5.00 ± 0.2	26	4.83 ± 0.29	14	0.065	4.68 ± 0.53	28	0.005†
3-Cone-drill (s)	8.70 ± 0.6	27	7.84 ± 0.55	14	<0.001†	-	-	-
Salto horizontal (m)	2.02 ± 0.27	27	2.39 ± 0.17	16	<0.001†	-	-	-
salto vertical (m)	0.50 ± 0.10	28	0.58 ± 0.08	16	0.006†	0.66 ± 0.10	28	<0.001†

RB = running backs; WR = wide receivers; DB = defensive backs; FB = fullbacks; TE = tight ends; LB = linebackers; OL = offensive lines; DL = defensive lines. †p ≤ .0167.

Los jugadores japoneses no difirieron estadísticamente en la talla y peso con respecto a los jugadores mexicanos para cada una de las agrupaciones (Tabla 19). Los jugadores japoneses de habilidad, linieros y jugadores grandes de habilidad son estadísticamente mejor en la capacidad física que los mexicanos. Para los linieros mexicanos comparados con jugadores de división III de NCAA. No hay diferencias significativas en la talla y peso, no obstante, la capacidad física es mejor en los jugadores de NCAA de III división.

5.4 Ecuaciones antropométricas para estimar el porcentaje de grasa corporal basado en un modelo de 3 compartimentos

La correlación más alta y significativa fue la Σ de pliegues abdominal, supraespinal y pantorrilla ($r = .99$). Enseguida las variables individuales: Pliegue abdominal ($r = .97$), pliegue supraespinal ($r = .95$), y en un rango de .86 a .80 la circunferencia de cintura NHANES, circunferencia de cintura ISAK, pliegue de la pantorrilla, IMC y circunferencia de cintura (Tabla 20).

Tabla 20

Correlación del porcentaje de grasa corporal y variables independientes

Variables	R
Σ pliegues abdominal, pantorrilla y supraespinal, mm	0.99†
Pliegue abdominal, mm	0.97†
Pliegue supraespinal, mm	0.95†
Circunferencia de cintura NHANES, cm	0.86†
Circunferencia de cintura ISAK, cm	0.85†
Pliegue de pantorrilla, mm	0.82†
IMC, kg/m ²	0.80†

Abreviaciones: NHANES: National health and nutrition examination survey;
ISAK: international society advancement kinanthropometry † $p \leq .001$

El análisis stepwise seleccionó como principal variable la Σ 3 pliegues (abdominal, supraespinal y pantorrilla), la R^2 es de 0.83 y el SRMSE es 2.80. El pliegue abdominal por si solo (ecuación 2) es capaz de explicar en 79% la varianza del %GC del M3C. No obstante, el SRMSE se incrementó a 3.14% de grasa corporal.

Al añadir nuevamente el pliegue abdominal, pliegue supraespinal y pliegue de la pantorrilla como variables individuales en una nueva ecuación (ecuación 3), se incrementa la R^2 hasta 0.83 y el SRMSE permanece constante (2.83; Tabla 20).

Otras variables que tienen una correlación significativa con él %GC ($r > .79$; $p < .001$) fueron el peso, el IMC, la circunferencia de cintura ISAK, circunferencia de cintura NHANES y la circunferencia de cadera. La ecuación 4 muestra variables que no mejoraron la predicción del %GC del M3C ni el SRMSE comparado con la ecuación 1, además se ve incrementado el valor de colinealidad ($CN > 30$; Tabla 21).

Jose Omar Lagunes Carrasco

Tabla 21
Ecuaciones antropométricas para predecir el porcentaje de grasa corporal

Selección de variables	Ecuación	R ²	SRMSE ^j	P value	VIF ^k	CN ^l
Ecuación 1						
1. \sum 3 pliegues abdominal, pantorrilla y supraespinal	$0.265 + 0.328 \times \text{SUMPL}^a$	0.83	2.80	<.001	1.0	1.0
Ecuación 2						
1. Pliegue abdominal	$0.058 + 0.668 \times \text{PLAB}^b$	0.79	3.14	<.001	1.0	1.0
Ecuación 3						
1. Pliegue abdominal	$0.058 + 0.668 \times \text{PLAB}$	0.79	3.14	<.001	1.0	1.0
2. Pliegue supraespinal	$1.058 + 0.406 \times \text{PLAB} + 0.373 \times \text{PLSU}^c$	0.82	2.91	<.001	4.8	17.0
3. Pliegue de la pantorrilla	$0.071 + 0.381 \times \text{PLAB} + 0.291 \times \text{PLPAN} + 0.279 \times \text{PLSU}^d$	0.83	2.83	<.001	5.6	23.8
Ecuación 4						
1. Peso	$0.277 + 0.381 \times \text{PLAB} + 0.293 \times \text{PLPAN} + 0.284 \times \text{PLSU} - 0.003 \times P^e$	0.83	2.85	<.001	2.8	32.8
2. IMC	$0.856 + 0.384 \times \text{PLAB} - 0.038 \times \text{IMC}^f + 0.294 \times \text{PLPAN} + 0.293 \times \text{PLSU}$	0.83	2.84	<.001	6.6	32.1
3. Circunferencia de cintura ISAK	$-0.617 + 0.380 \times \text{PLAB} + 0.010 \times \text{CC1}^g + 0.290 \times \text{PLPAN} + 0.270 \times \text{PLSU}$	0.83	2.85	<.001	7.6	36.3
4. Circunferencia de cintura NHANES	$-0.204 + 0.380 \times \text{PLAB} + 0.004 \times \text{CC2}^h + 0.289 \times \text{PLPAN} + 0.276 \times \text{PLSU}$	0.83	2.85	<.001	7.2	34.8
5. Circunferencia de cadera	$-1.335 + 0.380 \times \text{PLAB} + 0.016 \times C^i + 0.285 \times \text{PLPAN} + 0.268 \times \text{PLSU}$	0.83	2.84	<.001	6.6	32.7

^a SUMPL: Sumatoria de 3 pliegues abdominal, pantorrilla y supraespinal (mm); ^b PLAB: pliegue abdominal (mm); ^c PLSU: Pliegue supraespinal (mm); ^d PLPAN: Pliegue de la pantorrilla (mm); ^e P: peso, (kg); ^f IMC: índice de masa corporal (kg/m²); ^g CC1: circunferencia de cintura (ISAK) (cm); ^h CC2: Circunferencia de cintura (NHANES) (cm); ⁱ C: Circunferencia de cadera (cm);

^j SRMSE: raíz cuadrada de medida estándar de error; ^k VIF: factor de inflación de la variación; ^l CN: número de condición.

5.5 Ecuaciones antropométricas para estimar el porcentaje de masa magra tomando como referencia la DEXA

La correlación de las variables antropométricas predictoras del porcentaje de masa magra tomando como estándar de oro el DEXA muestra para pliegue supraespinal la mayor asociación ($r = 0.93$) (Tabla 22).

Tabla 22

Correlación de porcentaje de masa magra y las variables independientes

Variables	<i>r</i>
Pliegue supraespinal, mm	-0.93†
Pliegue Abdominal, mm	-0.91†
Pliegue subescapular, mm	-0.89†
Circunferencia cintura NHANES, cm	-0.88†
Circunferencia cintura ISAK, cm	-0.85†
Pliegue muslo medial, mm	-0.84†
Circunferencia muslo proximal, cm	-0.84†
Circunferencia cadera, cm	-0.83†

† $p \leq .001$

El pliegue supraespinal es la principal variable seleccionada por el análisis stepwise explicando en 86% la masa magra y con un error de 2.38 (ecuación 1). La adicción del pliegue abdominal (ecuación 2) mejora el valor de R^2 (90%) y error (2.07). por otro lado, al añadir el pliegue subescapular se observa en 91% la varianza del % de masa magra, por su parte el error se mejora a 1.97% de masa magra.

Tabla 23

Ecuaciones antropométricas para porcentaje masa de magra

Variables predictores	Ecuación de regresión	R ²	Adj R ²	SRMSE	P value	VIF	CN
Ecuación 1							
1. Pliegue supraespinal	84.560-0.695 × PLSU	0.86	0.86	2.38	<.0001	1.0	1.0
Ecuación 2							
1. Pliegue supraespinal	84.560-0.695 × PLSU	0.86	0.86	2.38	<.0001	1.0	1.0
2. Pliegue abdominal	87.190 - 0.269 × PLAB -0.436 × PLSU	0.90	0.90	2.07	<.0001	4.5	15.8
3. Pliegue subescapular	87.742-0.226 × PLAB -0.194 × PLSUBE - 0.331 × PLSU	0.91	0.91	1.97	<.0001	6.4	25.9
Ecuación 3							
1. Circunferencia de cintura (NHANES) CC1	90.072 - 0.224 × PLAB -0.033 × CC1 - 0.167 × PLSUBE - 0.309 × PLSU	0.91	0.91	1.97	<.0001	7.7	41.6
2. Circunferencia de cintura (ISAK) CC2	86.614 -0.226 × PLAB + 0.016 × CC2 -0.205 × PLSUBE - 0.341 × PLSU	0.91	0.91	1.98	<.0001	7.7	38.8
3. Circunferencia de muslo medial, CM	88.379 - 0.225 × PLAB -0.012 × CM -0.190 × PLSUBE - 0.328 × PLSU	0.91	0.91	1.98	<.0001	6.7	32.6
4. Circunferencia de hombro, CH	82.188 -0.225 × PLAB + 0.050 × CH -0.220 × PLSUBE - 0.349 × PLSU	0.91	0.91	1.97	<.0001	6.8	33.2

Abreviaciones: PLAB: Pliegue abdominal (mm); PLSU: pliegue supraespinal (mm); PLSUBE: pliegue subescapular (mm); CC1: circunferencia de cintura (NHANES) (cm); CC2: circunferencia de cintura (ISAK) (cm); CM: circunferencia de muslo medial (cm); CH: circunferencia de hombro (cm); SRMSE: raíz cuadrada media de error estándar; VIF: factor de inflación; CN: número de condición.

5.6 Asociación de la composición corporal y las variables de capacidad física

Al analizar las asociaciones de variables de capacidad física con la composición corporal, se observa que la grasa corporal tiene una fuerte correlación significativa y positiva con el test de 40 yardas ($r = .798$, $p < .05$), 3 cone drill ($r = .774$, $p < .05$), y pro drill ($r = .829$, $p < .05$), indicando que a menor grasa corporal los jugadores serán más rápidos y ágiles. Respecto a la prueba de salto la correlación también fue significativa ($r = -.700$, $r = -6.51$ $p < .05$; salto horizontal y vertical respectivamente), lo cual indica que cuanto menor grasa presenten mayor es la distancia saltada (tabla 24).

Tabla 24

Asociación de la composición corporal y la capacidad física en jugadores de fútbol americano

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.Masa magra (%)	1	-.999*	-.794*	-.825*	-.764*	.708*	.831*	.702*	.690*	.637*
2.Masa grasa (%)		1	.798*	.829*	.774*	-.707*	-.833*	-.701*	-.700*	-.651*
3.40 yardas (s)			1	.798*	.831*	-.675*	-.742*	-.557*	-.675*	-.584*
4.Pro Drill (s)				1	.848*	-.706*	-.755*	-.688*	-.687*	-.630*
5.3 Cone Drill (s)					1	-.649*	-.773*	-.623*	-.689*	-.675*
6.IFR sentadilla						1	.725*	.660*	.473*	.539*
7.IFR Power clean							1	.705*	.567*	.652*
8.IFR Prensa de pecho								1	.362*	.416*
9.Salto horizontal (m)									1	.651*
10.Salto vertical (m)										1

* $P < .05$

La masa magra tuvo una fuerte asociación significativa-negativa con los test de 40 yardas, 3 cone drill y pro drill ($r = -.764 - -.825$, $p < .05$). Lo cual indica que a mayor masa magra menor tiempo realizado en las pruebas. En la prueba de salto vertical y horizontal existe una correlación positiva ($r = .690$ y $r = .637$, $p < .05$), a mayor masa magra mayor distancia en el salto.

La asociación del índice de fuerza relativa de los tests de sentadilla, prensa de pecho y power clean mostró una correlación negativa y significativa con el porcentaje de grasa corporal (tabla 24). Es decir que a menor porcentaje de grasa mejor índice de fuerza relativa. El porcentaje de masa magra tuvo una correlación positiva, indicando que a mayor masa magra los deportistas serán capaces de tener mayor fuerza.

También se muestra en la tabla 24 que el índice de fuerza relativa y las pruebas de 40 yardas, 3 cone drill y pro drill tienen una asociación negativa, es decir que aquellos atletas que realizan menor tiempo en los test son aquellos que tienen más fuerza.

Las pruebas de salto mostraron tener una asociación positiva con el índice de fuerza relativa (tabla 24). Es decir que los jugadores que muestran mejor distancia en salto son aquellos que tienen mejor índice de fuerza.



DISCUSIÓN

6. DISCUSIÓN

En este apartado analizamos, discutimos e interpretaremos los resultados descritos en el capítulo anterior. Mediante el contraste de otros estudios e investigaciones realizamos una comparación de los resultados con trabajos similares llevados a cabo en otros lugares para posteriormente extraer las conclusiones de la investigación.

Ecuaciones antropométricas porcentaje de grasa corporal

Uno de los principales resultados de esta investigación fue el desarrollo de una ecuación antropométrica de porcentaje de grasa. Actualmente las ecuaciones antropométricas disponibles para calcular el %GC en jugadores de fútbol americano son para futbolistas de NCAA y están basadas en DEXA (Oliver et al., 2012) e hidrodensitometría (White, Mayhew, & Piper, 1980; Wickkiser & Kelly, 1975). En nuestro conocimiento, no se dispone de ecuaciones antropométricas en JFA que usen como referencia un M3C. El M3C permite tener una medición más exacta de la MLG que el M2C porque controla la variabilidad del contenido mineral óseo asumiendo una constante de proteína/agua de 0.26. (Friedl, DeLuca, Marchitelli, & Vogel, 1992; Fuller, Jebb, Laskey, Coward, & Elia, 1992).

Para el desarrollo de las nuevas ecuaciones se consideraron 14 mediciones antropométricas con relación biológica al porcentaje de grasa (Pařízková, & Bůžková,

1971) y empleadas en estudios previos a jugadores de fútbol americano (Oliver et al., 2012; White, Mayhew, & Piper, 1980; Wickkiser, & Kelly, 1975).

El principal hallazgo de este objetivo es que la ecuación 1 que incluye la $\sum 3$ pliegues (abdominal, supraespinal y pantorrilla) es el mejor modelo que explica la varianza en el %GC con 83% y 2.80% de SRMSE. En jugadores de fútbol americano de la NCAA Wickkiser y Kelly (1975), incluyeron como variables predictoras del %GC la circunferencia de cintura, pliegue del tríceps y estatura. Estos autores obtuvieron un valor de R^2 de 0.96% pero no reportaron valores de SRMSE. Otra ecuación antropométrica desarrollada por Oliver et al., (2012) en jugadores de fútbol americano de división IA de NCAA incluyó la circunferencia de cadera, circunferencia umbilical y sumatoria de pliegues (pecho, tríceps, subescapular, medio-axilar, suprailíaco, abdominal y muslo). El valor de R^2 fue 0.94% y SRMSE de 2.4%. No obstante, ninguna de las ecuaciones mencionadas fue validada en una muestra independiente.

Nuestro mejor modelo de ecuación antropométrica (ecuación 1) no incluye ninguna circunferencia corporal, solo pliegues cutáneos contrario a las ecuaciones antropométricas de Oliver et al. (2012) y Wickkiser y Kelly (1975) que incluyen circunferencias y pliegues cutáneos. Al respecto, encontramos correlaciones significativamente más fuertes en las mediciones de pliegues cutáneos ($r = .82$ a $.99$; $p < .001$) que en las circunferencias ($r = .71$ a $.86$; $p < .001$). Concretamente, la sumatoria de los pliegues abdominal, supraespinal y pantorrilla mostraron una correlación de %GC de 0.99% ($p \leq .001$) y con el pliegue abdominal 0.97% ($p < .001$). Esto podría sugerir a que los jugadores de fútbol americano de nuestro estudio

tienden a acumular mayor grasa en el área abdominal y piernas. Además, la capacidad física y nivel de competencia de nuestros jugadores es menor comparado a lo reportado por Oliver et al. (2012) y Wickkiser y Kelly (1975), lo que podría influir en la composición corporal y en la selección de los pliegues y otras variables.

Desarrollamos un segundo modelo de ecuación con la intención de incluir el menor número de mediciones. La ecuación 2 resultó en la selección del pliegue abdominal explicando en 79% (4.0% menor que la ecuación 1) y 3.14 % de SRMSE (0.34% mayor a la ecuación 1) de % grasa corporal. La ecuación 3 volvió a incluir de forma individual el pliegue supraespinal y pliegue de la pantorrilla mejorando en 0.4% el poder explicativo y 0.31% de SRMSE con respecto a la ecuación 2. Las ecuaciones 1 y 3 tuvieron el mismo valor de R^2 (0.83) y el SRMSE fue mejor en la ecuación 1 (2.80; 2.83 respectivamente), No obstante, el análisis de la gráfica de dispersión de los valores residuales de la ecuación 1 fueron más homogéneos. Además, los valores de inflación de la varianza aumentan en la ecuación 3 (1.0 a 5.6) y el número de acondicionamiento 1.0 a 23.8, sugiriendo un menor riesgo de colinealidad con el uso de la ecuación 1.

Por último, la ecuación 4 que desarrollamos incluyó una combinación del peso, IMC, circunferencia de cintura ISAK, circunferencia de cintura NHANES, circunferencia de cadera, pliegue abdominal, pliegue supraespinal y pliegue de la pantorrilla. Esta ecuación no mejoró la R^2 (0.83) y el SRMSE (2.85) con respecto a la ecuación 1. Además, se observó la presencia de colinealidad de variables al

aumentar los valores en CN de 1.0 a 32.8, por otro lado, los valores de inflación de la variancia se mantuvieron en un rango < 10.0 .

Ecuaciones antropométricas porcentaje de masa magra

Son muy escasos los estudios que presentan ecuaciones antropométricas para estimar la masa magra. En consecuencia, White, Mayhew, y Piper (1980), proponen ecuaciones de masa corporal magra en jugadores de fútbol americano.

Ese estudio emplea como referencia un modelo de 2C (hidrodensitometría), sin embargo, como previamente hemos comentado este modelo asume que la densidad de la masa libre de grasa ($MLG = 1.10 \text{ gc/cc}$) es la misma para todos los individuos. Es decir, las proporciones de agua corporal y contenido mineral óseo no varían entre los sujetos. Al respecto, nosotros empleamos como estándar de oro la DEXA la cual presenta ventajas sobre el modelo de 2C.

En nuestro estudio, los pliegues supraespinal, abdominal y subescapular tuvieron una correlación $> 89\%$ con la masa magra. Las variables de circunferencias de cintura, muslo, cadera presentaron una correlación entre $r = 0.83$ y 0.88 . El estudio de White (1980), encontró correlaciones de circunferencia de hombros, pecho, cadera, cintura entre $r = 0.53$ y 0.80 . La variedad de la correlación de las variables puede ser debido a la categoría o nivel de competición o la posición de juego de los atletas.

Al realizar la regresión múltiple el mejor modelo de ecuación desarrollado incorporó los pliegues supraespinal, abdominal y subescapular, explicando en un

91% y con un error de 1.97 el porcentaje de la masa magra, usando como referencia la DEXA.

El estudio de White, Mayhew y Piper (1980), incorporan las variables de peso, pliegue suprailíaco y pliegue del muslo, explicando en 96% con un error de 1.68 la masa corporal magra.

La inclusión de los pliegues cutáneos en la ecuación del artículo de White (1980) y la correlación de las variables hace suponer que los pliegues cutáneos también son variables predictoras de la masa magra o en su defecto la masa corporal magra y no solo de la grasa como suponíamos.

La importancia de conocer la masa magra es porque nos permite interpretar los efectos anabólicos del entrenamiento y además la relación con el gasto energético y capacidades condicionales y rendimiento.

Capacidad física

En Estados Unidos, muchos investigadores y entrenadores de fuerza han publicado información sobre la capacidad física de los futbolistas estadounidenses a lo largo de varias generaciones (Hoffman, Cooper, Wendell, & Kang, 2004; Schmidt, 1999; Wellman, Coad, Goulet, & McLellan, 2016), incluidos los jugadores de la NFL (Kraemer, Torine, Silvestre & French, 2005; Pryor et al., 2014).

Los jugadores de fútbol americano han mostrado en las últimas décadas un aumento en la talla, peso, composición y capacidad física, además, todos estos parámetros siguen aumentando (Anzell, Potteiger, Kraemer, & Otieno, 2013; Robbins, Goodale,

Kuzmits, & Adams, 2013), en parte, debido a la difusión de dicha información de datos que sirven como parámetros e indicadores de mejoras de la capacidad física de los atletas.

Los jugadores linieros mostraron un desempeño significativamente peor en la carrera de 40 yardas, 3 cone drill y pro drill en comparación a los jugadores de habilidad y gran habilidad ($p < .05$). Estas pruebas miden agilidad durante los cambios de dirección y rapidez, y estas características se requieren principalmente en el corredor (running backs-RB), receptor abierto (wide receivers-WR) y defensive backs (DB).

Debido que se sabe que existe una correlación positiva entre el peso corporal y el tiempo requerido en trasladar el cuerpo de un lugar a otro (Davis, Barnette, Kiger, Mirasola, & Young, 2004), así como que los linieros son un grupo con características de robustez, presentaron menores niveles de capacidad física en este grupo de jugadores tanto en las pruebas de agilidad como velocidad. Además, el grupo de jugadores de habilidad y propio a la naturaleza de su posición obtuvieron mejores resultados que los jugadores grandes de habilidad.

Con respecto a las pruebas de carga máxima levantada, los jugadores linieros cargan más peso que los jugadores grandes de habilidad y jugadores de gran habilidad, no obstante, aunque no fue un objetivo, decidimos determinar el índice de fuerza relativa para conocer que atletas son los que tenían mayor fuerza independientemente de la carga máxima levantada, siendo los jugadores de habilidad más fuertes en sentadilla (IFR = 1.80), power clean (IFR = 1.27) y prensa de pecho (IFR = 1.34), mientras que jugadores linieros son menos fuertes, mostrando

índices de fuerza relativa de 1.51, 0.91 y 1.13 en sentadilla, power clean y prensa de pecho, respectivamente. Por último, los jugadores grandes de habilidad tuvieron valores en sentadilla de 1.61, bench press de 1.10 y prensa de pecho de 1.26.

Las pruebas de salto vertical y salto de longitud son para medir la capacidad de salto de la extremidad inferior del cuerpo (Carlock et al., 2004). Como se esperaba el grupo jugadores de habilidad tuvo mejor capacidad de salto cuando se le comparó con los linieros tanto en salto vertical ($p < .05$) como en salto horizontal ($p < .05$). Una de las explicaciones probables para estos resultados puede deberse al peso de la parte inferior del cuerpo de los RB, WR y DB. No se encontraron diferencias significativas ($p > .05$) entre linieros y jugadores grandes de habilidad para ambas pruebas.

En salto vertical un reciente estudio (Vitale et al., 2016) realizado en jugadores italianos, tampoco encontraron diferencias significativas entre linieros y jugadores grandes de habilidad. No obstante, una diferencia de 5 cm y casi 2 cm entre jugadores grandes de habilidad y linieros para las pruebas de salto horizontal y salto vertical (respectivamente), es quizás la relevancia práctica.

Para comparar las diferencias entre los jugadores de fútbol americano mexicanos se utilizaron datos de artículos descriptivos de jugadores italianos (Vitale et al., 2016), Dradted de NFL (Sierer et al., 2008), División I (Jacobson et al., 2013) y división III (Hoffman et al., 2011) de NCAA y japoneses (Yamashita et al., 2017). En consecuencia, pudimos constatar que la brecha entre las capacidades físicas es mucho menor para los mexicanos.

Deducimos que la brecha tal vez es debido al nivel de competición, sin embargo, el entrenamiento individualizado y conocimiento de los parámetros de las capacidades físicas de los jugadores de elite, podría proyectar a los jugadores mexicanos a equipos de ligas en los Estados Unidos. Por ello, la importancia de identificar los niveles de capacidad física en diferentes contextos y dar a conocer a los entrenadores mexicanos estos datos con el fin de mejorar la capacidad física del jugador.

Composición corporal

Mientras que otros estudios han informado sobre la composición corporal en jugadores de fútbol americano profesional y NCAA de los Estados Unidos, este estudio proporciona nuevos datos para las características posicionales de la composición corporal que pueden ser utilizados para guiar los planes de nutrición y de entrenamiento, así como para monitorear la salud y el bienestar de los jugadores.

Al examinar los resultados de los jugadores mexicanos se observó que los jugadores de habilidad mostraron ser los sujetos de menor estatura y peso, presentaron un IMC promedio de 26.0 kg/m^2 , es decir, con sobrepeso, en consecuencia, los jugadores linieros fueron los de mayor estatura, peso e IMC. Estos resultados al ser comparados con jugadores de división I de NCAA (Jacobson et al., 2013), del Drafted de NFL (Sierer et al., 2008) y canadienses (Kim, Delisle-Houde, Reid & Andersen, 2017) se encontraron valores significativamente más bajos para la altura y peso. No obstante, cuando se realizó una comparación con jugadores

italianos (Vitale et al., 2016) y japoneses (Yamashita et al., 2017) los valores de peso y talla fueron muy similares en las tres posiciones.

La evaluación del porcentaje de grasa corporal y la masa magra se encuentra entre los indicadores más comúnmente utilizados y puede variar según el deporte practicado (Ackland et al., 2012; Meyer et al., 2013; Santos et al., 2014). Los estudios muestran que en general los atletas con bajos valores de grasa y altos valores de masa magra se asocian con una mejor capacidad física (Haakonssen, Martin, Burke, & Jenkins, 2013; Stephenson et al., 2015).

Los valores de IMC para los jugadores linieros, jugadores grandes de habilidad y jugadores de habilidad mostraron tener sobrepeso u obesidad. Con base a estudios anteriores (Borchers et al., 2009; Kaul et al., 2012; Lambert et al., 2012), la mayoría de las posiciones de juego de división I se clasifican con sobrepeso u obesas según los valores de IMC. De acuerdo con otros informes (Bosch et al., 2014; Dengel et al., 2014), las posiciones, excepto los jugadores linieros (28.1% GC) y jugadores grandes de habilidad (23.0% GC) se clasifican como saludables o atléticas para el %GC (13 – 20%).

Los valores de %GC reportados aquí son ligeramente más altos que los reportados por Noel (2003), que usan otros métodos (ej, Pesaje hidrostáticos, impedancia eléctrica); No obstante, son consistentes con estudios previos sobre jugadores de la NFL (Dengel et al., 2014) y el informe de Trexler et al. (2016) que utilizaron DEXA.

En jugadores canadienses de habilidad, mostraron ser más pesados con valores de masa magra (68.85 kg), mientras que los jugadores mexicanos mostraron

62.9 kg, (una diferencia de 5.95 kg). Con respecto al componente adiposo evidenciado en jugadores mexicanos un valor de 14.6 kg y 11.58 kg en los jugadores canadienses. Se muestran diferencias en el % grasa, mostrando valores mayores los mexicanos frente a los canadienses (17.9% y 14.3%, respectivamente) (Kim, Delisle-Houde, Reid, & Andersen, 2017).

Respecto a los jugadores grandes de habilidad, los jugadores canadienses mostraron diferencias en la masa grasa. Los jugadores mexicanos mostraron una masa grasa de 21.7 kg mientras que los canadienses tienen un promedio de 16.84 kg (una diferencia de 4.86 kg). Del mismo modo, la masa magra muestra una diferencia entre los mexicanos y canadienses de la misma categoría; la diferencia fue de 3.72 kg, siendo mayor en los jugadores canadienses del estudio de Kim, et al. (2017).

Los jugadores linieros mexicanos tuvieron una masa grasa mayor (33.4 kg) frente a los jugadores canadienses (29.16 kg), (diferencia de 4.24 kg). Los resultados de los jugadores mexicanos en su masa magra fueron de 2 kg por debajo de los canadienses (80.71 kg) (Kim, Delisle-Houde, Reid, & Andersen, 2017).

También, pudimos comprobar que los deportistas de otros estudios (Bosch et al., 2017; Turnagöl, 2016) independientemente de la categorización, tienden a ser más magros, además tienden a tener menor porcentaje de grasa y valores similares de IMC.

Estos resultados dan pie a que los entrenadores deben establecer mejores programas de entrenamiento para mejorar la composición corporal, salud y habilidades físicas de los jugadores.

Asociación de la composición corporal con pruebas de capacidad física

Previamente han sido correlacionadas medidas absolutas (es decir, no normalizadas) de capacidad física en jugadores de fútbol americano con la masa corporal (Nuzzo, 2015). También se ha descrito que la masa corporal parece tener un efecto perjudicial en las carreras y saltos (Nikolaidis et al., 2015).

Este objetivo ha encontrado que el %GC está significativamente correlacionado con los tiempos de los test de 40 yardas, 3 conce drill y pro drill. Este hallazgo también ha sido reportado en atletas de patinaje, donde el mejor tiempo realizado se asocia con menores porcentaje de grasa (Boland, Miele, & Delude, 2017) y también en atletas de baloncesto (Alemdaroğlu, 2012). Por lo tanto, aquellos jugadores que tengan un menor porcentaje de grasa serán capaces de correr más rápido. En consecuencia, aquellos que tengan mayor porcentaje de masa magra serán capaces de mostrar mejores tiempos en los tests.

La masa magra también tuvo fuertes correlaciones con el índice de fuerza relativa, es decir, que a medida que mejora la fuerza relativa en cualquiera de los tests de sentadilla, prensa de pecho y power clean, el deportista tendrá mayor masa magra. En consecuencia, Ye et al. (2013), observó correlaciones entre la masa muscular esquelética y el 1RM en sentadilla y prensa de pecho, demostrando que la masa muscular esquelética es un buen predictor del levantamiento de pesas en deportistas de powerlifters.

El análisis también encontró una asociación estadísticamente significativa entre el índice de fuerza relativa y los tiempos de carrera en 40 yardas, 3 cone drill y pro drill. Este hallazgo ha sido reportado previamente por Wisloff et al. (2004). Por el contrario, a Harris et al. (2008) que reportaron correlaciones no significativas entre un 1RM en sentadilla y los tiempos de carrera de 40 metros.

Por otro lado, encontramos una correlación positiva y significativa de la masa magra con la prueba de salto horizontal y salto vertical, mientras que la masa grasa tuvo una correlación negativa con ambas pruebas. En consecuencia, Ribeiro, Mota, Sampaio-Jorge, Morales y Leite, (2015), en jugadores de baloncesto encontraron que un menor porcentaje de grasa y mayor masa magra muestra un mejor rendimiento en saltos verticales, sugiriendo que la composición corporal puede considerarse un predictor indirecto de rendimiento.

Con respecto a la capacidad de esprint y de saltar, también encontramos una correlación negativa y significativa. Es decir, aquellos sujetos que sean capaces de saltar mayor distancia realizarán menor tiempo en las carreras de esprint. En línea con Comfort, Stewart, Bloom y Clarkson, (2014), en jugadores de fútbol soccer encontraron correlaciones significativas entre los tiempos de carrera y los saltos, señalando la importancia de desarrollar altos niveles de fuerza en la parte inferior del cuerpo para mejorar el rendimiento en el esprint y el salto.

Por lo tanto, uno de los factores principales que determinan la rapidez o salto es la capacidad de generar mayor fuerza con mejores porcentajes de masa magra.



LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

7. LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Dados los hallazgos, la relevancia y aporte de información a los entrenadores de fútbol americano, podemos manifestar algunas limitaciones que tuvimos para realizar la investigación, así como también las futuras líneas de investigación.

- Con respecto a las ecuaciones antropométricas para determinar el porcentaje de grasa y la masa magra tuvimos como una limitante el número de deportistas para realizar una validación cruzada de las ecuaciones. Por lo que se sugiere en futuros estudios validar las ecuaciones con otros equipos de fútbol.
- Esta investigación aporta datos muy relevantes de las pruebas de capacidad física que dan la pauta para planificar los entrenamientos. Encontramos una limitación en el estudio por ser de carácter transversal, por lo tanto, sugerimos realizar estudios longitudinales que puedan apreciar y explicar los cambios en composición corporal y capacidad física, además hacer comparaciones con otros equipos de México.
- Proponemos tomar datos de referencia de pruebas físicas y de composición corporal de otros equipos mexicanos, que puedan permitir tener un nivel de conocimiento más claro acerca de la capacidad física de los jugadores.
- Se determinó la grasa corporal total a través de DEXA, con lo cual, sugerimos en estudios futuros investigar la prevalencia de grasa visceral.

- En esta investigación no hemos considerado el mineral óseo, por lo que sería conveniente en estudios futuros considerar este componente de la composición corporal, con la finalidad de detectar posibles riesgos de fracturas.
- Proponemos hacer una intervención con jugadores linieros los cuales fueron los que presentaron porcentajes de grasa más elevados que los demás jugadores.
- Proponemos en investigaciones futuras publicar datos de referencia en jugadores de fútbol en categoría juvenil e intermedia.
- Solamente se realizó una correlación de la capacidad física con las de composición corporal, por lo tanto, sugerimos realizar análisis estadísticos más fuertes donde podamos obtener información más concreta, como por ejemplo una regresión y así poder comprender como algunas variables de composición corporal explican variables de las pruebas físicas.



CONCLUSIONES

8. CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos, la muestra y tras exponer y discutir los resultados obtenidos, en esta tesis, detallamos a continuación las conclusiones de la investigación.

Aunque los jugadores de fútbol americano atiendan a un entrenamiento intenso durante todo el año, estas sesiones de entrenamiento no eliminan la necesidad de una evaluación continua de su capacidad física y la salud de los jugadores.

Capacidad física

Objetivo: Determinar y comparar entre posiciones de juego la capacidad física de jugadores de fútbol americano que compiten al máximo nivel en México.

- En las pruebas de rapidez y agilidad los jugadores linieros fueron los que hicieron un mayor tiempo de ejecución para ambas pruebas. Por su parte los jugadores de habilidad son los más rápidos.
- En los tests de carga máxima levantada los linieros cargaron más libras que los jugadores de habilidad y jugadores grandes de habilidad. Sin embargo, el índice de fuerza relativa mostró que los jugadores linieros son menos fuertes y

los jugadores de habilidad son los que presentaron un mejor índice de fuerza relativa.

- Los jugadores de habilidad mostraron saltar más mientras que los linieros fueron los que menor distancia saltaron.

Objetivo: Comparar la capacidad física, talla y peso por agrupación de posición de juego entre jugadores mexicanos de fútbol americano y equipos internacionales.

- Los atletas de habilidad y linieros de nuestro estudio son más lentos en la prueba de 40 yardas cuando se compararon con atletas de División I de NCAA y del drafted de NFL.
- Para los tests de agilidad los linieros, los jugadores grandes de habilidad y los de habilidad del drafted de NFL son más rápidos que la muestra estudiada en esta tesis.
- Los atletas japoneses de habilidad y de gran habilidad obtuvieron mejor capacidad física en las pruebas que los de nuestro estudio.
- Jugadores de NCAA de III división presentan mejor capacidad de salto agilidad y rapidez que los linieros de nuestro estudio.

Composición Corporal

Objetivo: Determinar la distribución compartimental de la composición corporal de jugadores de fútbol americano que compiten al máximo nivel en México

- Los jugadores linieros fueron los que presentaron mayor peso y talla respecto a los jugadores de habilidad y de gran habilidad; los jugadores de habilidad fueron los más bajos de estatura y menor peso corporal.
- Según los estándares de IMC los jugadores de habilidad y gran habilidad se encontraron en el rubro de sobrepeso, mientras que los linieros en obesidad. Por otro lado, el porcentaje de grasa corporal fue mayor para los linieros.

Objetivo: Comparar la composición corporal de jugadores mexicanos entre las agrupaciones de posiciones de juego y contra jugadores de otros niveles competitivos.

- Jugadores de habilidad y linieros de división I de NCAA, canadienses y del drafted de la NFL son más altos y con mayor peso que los de nuestro estudio.
- Jugadores seleccionados universitarios de Italia y Japón de las posiciones linieros, de gran habilidad y de habilidad presentan medidas de talla y peso similares a la de los jugadores de nuestro estudio.
- Jugadores Linieros de NCAA de III división presentan medidas de talla y peso similares a los linieros de este estudio.

Ecuaciones antropométricas

Objetivo: Desarrollar ecuaciones antropométricas para el cálculo de la masa grasa usando como estándar de oro un modelo de tres compartimentos.

- Hemos demostrado que mediante el uso de medidas antropométricas simples, se puede estimar el porcentaje de grasa corporal del M3C en atletas de fútbol americano para el beneficio de las capacidades físicas y las recomendaciones relacionadas con la salud.
- Nuestros resultados proporcionan una nueva ecuación antropométrica para predecir el porcentaje de grasa corporal la cual emplea la sumatoria de pliegue abdominal, pliegue de la pantorrilla y pliegue supraespinal utilizando como referencia un modelo de 3 compartimentos.

Objetivo: Desarrollar ecuaciones antropométricas para el cálculo de la masa magra usando como estándar de oro el DEXA en jugadores de fútbol americano que compiten al máximo nivel en México.

- Desarrollamos una ecuación antropométrica para determinar la masa magra basada en la DEXA. La ecuación incluye como variables individuales el pliegue supraespinal, pliegue abdominal y pliegue subescapular.

Asociación de pruebas de capacidad física con la composición corporal

Objetivo: Analizar la asociación de la capacidad física y la composición corporal en jugadores mexicanos de fútbol americano.

- El porcentaje de la masa magra tuvo una asociación negativa significativa con las pruebas de tiempo de 40 yardas, 3 cone drill y pro drill. Por otro lado, tuvo una asociación positiva con las pruebas de salto y los índices de fuerza relativa.
- El porcentaje de la masa grasa se asoció positivamente y significativamente con el tiempo de las pruebas de 40 yardas, 3 cone drill y pro drill. En consecuencia, correlaciones negativas con la distancia del salto y el índice de fuerza relativa.
- El tiempo en 40 yardas tuvo una asociación negativa con los índices de fuerza relativa y la distancia de los saltos.
- La distancia de los saltos se asoció significativamente con los índices de fuerza relativa.



REFERENCIAS

9. REFERENCIAS

- Ackland, T. R., Lohman, T. G., Sundgot-Borgen, J., Maughan, R. J., Meyer, N. L., Stewart, A. D., & Müller, W. (2012). Current status of body composition assessment in sport. *Sports Medicine*, *42*(3), 227-249. doi: 10.2165/11597140-000000000-00000.
- Alemán-Mateo, H., Romero, J. E., Morales, N. M., Salazar, G., Triana, M. H., & Valencia, M. E. (2004). Body composition by three-compartment model and relative validity of some methods to assess percentage body fat in Mexican healthy elderly subjects. *Gerontology*, *50*(6), 366-372.
- Alemdaroğlu, U. (2012). The relationship between muscle strength, anaerobic performance, agility, sprint ability and vertical jump performance in professional basketball players. *Journal of Human Kinetics*, *31*, 149-158.
- Alvero, J. R., Diego, A. M., Fernández, V.J. & García, J. (2004). Métodos de evaluación de la composición corporal: Tendencias actuales I. *Archivos de Medicina del Deporte*, *21*(104), 535-538.
- Alvero-Cruz, J. R., Diego-Acosta, A. M., Fernández-Pastor, V. J., & García-Romero, J. (2005). Métodos de evaluación de la composición corporal: tendencias actuales (II). *Archivos de Medicina del Deporte*, *22*(105), 45-49.
- Antón, A. J. M. (2011). *Guía práctica de musculación: el tronco*. Wanceulen, editorial deportiva. Sevilla, España.
- Anzell, A. R., Potteiger, J. A., Kraemer, W. J., & Otieno, S. (2013). Changes in height, body weight, and body composition in American football players

- from 1942 to 2011. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(2), 277-284. doi: 10.1519/JSC.0b013e31827f4c08.
- Ayers, S. F., & Sariscsany, M. J. (2011). *Physical education for lifelong fitness: the physical best teacher's guide*. Human Kinetics. Illustrated. United States.
- Baechle T.R. & Earle, R.W. (2008). *Essentials of strength training and conditioning*. (3rd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Baker, D. (2001). A series of studies on the training of high-intensity muscle power in rugby league football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(2), 198-209.
- Baker, D. & Newton, R. U. (2008). Comparison of lower body strength, power, acceleration, speed, agility, and sprint momentum to describe and compare playing rank among professional rugby league players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(1), 153-158. doi: 10.1519/JSC.0b013e31815f9519.
- Binkley, T. L., Daughters, S. W., Weidauer, L. A., & Vukovich, M. D. (2015). Changes in Body Composition in Division I Football Players Over a Competitive Season and Recovery in Off-Season. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(9), 2503-2512. doi: 10.1519/JSC.0000000000000886
- BOD POD® Gold Standard, Body Composition Tracking System Operator's Manual, P/N 210-2400 Rev D- DCO1539. Concord, CA: Life Measurement, Inc, 1850.

- Boland, M., Miele, E. M., & Delude, K. (2017). Relationship between Physiological Off-Ice Testing, On-Ice Skating, and Game Performance in Division I Women's Ice Hockey Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, (en prensa). doi: 10.1519/JSC.0000000000002265
- Black, W., & Roundy, E. (1994). Comparisons of Size, Strength, Speed, and Power in NCAA Division 1-A Football Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 8(2), 80-85.
- Borchers, J. R., Clem, K. L., Habash, D. L., Nagaraja, H. N., Stokley, L. M., & Best, T. M. (2009). Metabolic syndrome and insulin resistance in Division 1 collegiate football players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(12), 2105-2110. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181abdfec.
- Bosch, T. A., Burruss, T. P., Weir, N. L., Fielding, K. A., Engel, B. E., Weston, T. D., & Dengel, D. R. (2014). Abdominal body composition differences in NFL football players. *Journal Strength & Conditioning Research*, 28(12), 3313-9. doi: 10.1519/JSC.0000000000000650.
- Bosch, T. A., Carbuhn, A., Stanforth, P. R., Oliver, J. M., Keller, K. A., & Dengel, D. R. (2017). Body Composition and Bone Mineral Density of Division 1 Collegiate Football Players, a Consortium of College Athlete Research (C-CAR) Study. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. (en prensa). doi: 10.1519/JSC.0000000000001888
- Camacho Ortíz, V. M., Ramírez, T., & Manuel, H. (2013). Somatotipo y su relación con la Potencia Anaeróbica Relativa realiza sobre Plataforma Anaeróbica,

- en Jugadores de Fútbol Americano, Potros Salvajes UAEM, categoría mayor; temporada 2012, en el CEMAFyD.
- Carlock, J. M., Smith, S. L., Hartman, M. J., Morris, R. T., Ciroslan, D. A., Pierce, K. C., ... & Stone, M. H. (2004). The relationship between vertical jump power estimates and weightlifting ability: a field-test approach. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 534-539.
- Castellano G. (1998). Físicoquímica. 3 ed. México: Addison Wesley Longman de México S.A.
- Colyer, S. L., Roberts, S. P., Robinson, J. B., Thompson, D., Stokes, K. A., Bilzon, J. L., & Salo, A. I. (2016). Detecting meaningful body composition changes in athletes using dual-energy x-ray absorptiometry. *Physiological Measurement*, 37(4), 596-609. doi: 10.1088/0967-3334/37/4/596.
- Cometti, G. (2007). *Manual de pliometría*. Paidotribo. Barcelona: España.
- Comfort, P., Stewart, A., Bloom, L., & Clarkson, B. (2014). Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(1), 173-177.
- Cormie, P., McCaulley, O., & McBride, J. M. (2007). Power versus strength-power jump squat training: influence on the load-power relationship. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(6), 996-1003.
- Cronin, J. & Sleivert, G., (2005). Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. *Sports Medicine*, 35(3), 213-234.

- Davis, D. S., Barnette, B. J., Kiger, J. T., Mirasola, J. J., & Young, S. M. (2004). Physical characteristics that predict functional performance in Division I college football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(1), 115-120.
- Dengel, D. R., Bosch, T. A., Burruss, T. P., Fielding, K. A., Engel, B. E., Weir, N. L., & Weston, T. D. (2014). Body composition and bone mineral density of national football league players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(1), 1-6. doi: 10.1519/JSC.0000000000000299.
- Duren, D. L., Sherwood, R. J., Czerwinski, S. A., Lee, M., Choh, A. C., Siervogel, R. M., & Chumlea, W. C. (2008). Body composition methods: comparisons and interpretation. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 2(6), 1139-1146.
- Elliott, K. R., Harmatz, J. S., Zhao, Y., & Greenblatt, D. J. (2016). Body Size Changes Among National Collegiate Athletic Association New England Division III Football Players, 1956– 2014: Comparison With Age-Matched Population Controls. *Journal of Athletic Training*, 51(5), 373-381.
- Escamilla, R. F., Fleisig, G. S., Zheng, N. A., Lander, J. E., Barrentine, S. W., Andrews, J. R., ... & Moorman III, C. T. (2001). Effects of technique variations on knee biomechanics during the squat and leg press. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(9), 1552-1566.
- Fearheller, D. L., Aichele, K. R., Oakman, J. E., Neal, M. P., Cromwell, C. M., Lenzo, J. M., ... & Evans, R. C. (2016). Vascular health in american football

- players: Cardiovascular risk increased in division III players. *International Journal of Vascular Medicine*, 2016:6851256. doi: 10.1155/2016/6851256.
- Fields, D. A., Goran, M. I., & McCrory, M. A. (2002). Body-composition assessment via air-displacement plethysmography in adults and children: a review. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 75(3), 453-467.
- Foran, B. (2001). *High-performance sports conditioning*. Human Kinetics. Hispano Europea. Barcelona, España.
- Friedl, K. E., DeLuca, J. P., Marchitelli, L. J., & Vogel, J. A. (1992). Reliability of body-fat estimations from a four-compartment model by using density, body water, and bone mineral measurements. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 55(4), 764-770.
- Fuller, N. J., Jebb, S. A., Laskey, M. A., Coward, W. A., & Elia, M. (1992). Four-component model for the assessment of body composition in humans: comparison with alternative methods, and evaluation of the density and hydration of fat-free mass. *Clinical Science*, 82(6), 687-693.
- Garstecki, M. A., Latin, R. W., & Cuppett, M. M. (2004). Comparison of selected physical fitness and performance variables between NCAA Division I and II football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(2), 292-297.
- Gibson, A. L., Holmes, J. C., Desautels, R. L., Edmonds, L. B., & Nuudi, L. (2008). Ability of new octapolar bioimpedance spectroscopy analyzers to predict 4-component-model percentage body fat in Hispanic, black, and white adults. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 87(2), 332-338.

- Glickman, S. G., Marn, C. S., Supiano, M. A., & Dengel, D. R. (2004). Validity and reliability of dual-energy X-ray absorptiometry for the assessment of abdominal adiposity. *Journal of Applied Physiology*, 97(2), 509-514.
- Gómez, J. G., & Verdoy, P. J. (2011). Caracterización de deportistas universitarios de fútbol y baloncesto: antropometría y composición corporal. *E-balonmano. com: Revista de Ciencias del Deporte*, 7(1), 39-51.
- González-Badillo, J., & Ribas, J. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza* (Vol. 308). INDE.
- Goodell, R (2016). Official playing rules of the national football league. 26/09/2016, de NFL Sitio web: <http://operations.nfl.com/media/2224/2016-nfl-rulebook.pdf>
- Haakonssen, E. C., Martin, D. T., Burke, L. M., & Jenkins, D. G. (2013). Increased lean mass with reduced fat mass in an elite female cyclist returning to competition: case study. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(6), 699-701. doi: 10.1123/ijsp.8.6.699
- Hamano, S., Ochi, E., Tsuchiya, Y., Muramatsu, E., Suzukawa, K., & Igawa, S. (2015). Relationship between performance test and body composition/physical strength characteristic in sprint canoe and kayak paddlers. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 6, 191-199. doi: 10.2147/OAJSM.S82295.
- Harris, N. K., Cronin, J. B., Hopkins, W. G., & Hansen, K. T. (2008). Relationship between sprint times and the strength/power outputs of a machine squat jump. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 691-698.

- Hetzler, R. K., Schroeder, B. L., Wages, J. J., Stickley, C. D., & Kimura, I. F. (2010). Anthropometry increases 1 repetition maximum predictive ability of NFL-225 test for Division IA college football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(6), 1429-1439. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181d682fa.
- Heymsfield S, Lohman T, Wang Z, Going S. (2005). *Human Body Composition*. 2nd ed. Champaign (IL): Human Kinetics.
- Högström, G. M., Pietilä, T., Nordström, P., & Nordström, A. (2012). Body composition and performance: influence of sport and gender among adolescents. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(7), 1799-1804. doi: 10.1519/JSC.0b013e318237e8da.
- Hoffman, J. (2006). *Norms for fitness, performance, and health*. Human Kinetics. United states.
- Hoffman, J. R., Cooper, J., Wendell, M., & Kang, J. (2004). Comparison of Olympic vs. traditional power lifting training programs in football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(1), 129-135.
- Hoffman, J., Ratamess, N. A., & Kang, J. (2011). Performance changes during a college playing career in NCAA division III football athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(9), 2351-2357. doi: 10.1519/JSC.0b013e31821743df.
- Hoffman, J. R., Ratamess, N. A., Klatt, M., Faigenbaum, A. D., & Kang, J. (2007). Do bilateral power deficits influence direction-specific movement patterns? *Research in Sports Medicine*, 15(2), 125-132.

- Iguchi, J., Yamada, Y., Ando, S., Fujisawa, Y., Hojo, T., Nishimura, K., ... & Ichihashi, N. (2011). Physical and performance characteristics of Japanese division 1 collegiate football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(12), 3368-3377. doi: 10.1519/JSC.0b013e318215fc19.
- Jacobson, B. H. (2015). Comparison of allometric scaling methods for normalizing strength, power, and speed in American football players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(6), 684-690.
- Jackson, A. S., & Pollock, M. L. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*, 40(03), 497-504.
- Jacobson, B. H., Conchola, E. G., Glass, R. G., & Thompson, B. J. (2013). Longitudinal morphological and performance profiles for American, NCAA Division I football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(9), 2347-2354. doi: 10.1519/JSC.0b013e31827fcc7d.
- Kaiser, G. E., Womack, J. W., Green, J. S., Pollard, B., Miller, G. S., & Crouse, S. F. (2008). Morphological profiles for first-year National Collegiate Athletic Association Division I football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(1), 243-249.
- Kaul, S., Rothney, M. P., Peters, D. M., Wacker, W. K., Davis, C. E., Shapiro, M. D., & Ergun, D. L. (2012). Dual-energy X-ray absorptiometry for quantification of visceral fat. *Obesity*, 20(6), 1313-1318.
- Kim, J., Delisle-Houde, P., Reid, R. E., & Andersen, R. E. (2017). Longitudinal Changes in Body Composition throughout Successive Seasonal Phases among Canadian University Football Players. *The Journal of Strength &*

Conditioning Research, 32(8), 2284-2293. doi:
10.1519/JSC.0000000000002011

Kleinbaum, D., Kupper, L., y Muller, K. (1998). *Applied regression analysis and other multivariable methods*. Boston: 3era ed. Books/Cole Publishing Company Editorial.

Kraemer, W. J., & Fry, A. C., Ratamess, N. (1995). Strength testing: development and evaluation of methodology. *Physiological Assessment of Human Fitness*, 2, 119-150.

Kraemer, W. J., Torine, J. C., Silvestre, R., French, D. N., Ratamess, N. A., Spiering, B. A., ... & Volek, J. S. (2005). Body size and composition of National Football League players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(3), 485-489.

Kraemer, W.J. y Ratamess, N.A., (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(4), 674-688.

Kohrt, W. M. (1997). Dual-Energy X-Ray Absorptiometry: Research Issues and Equipment. *Emerging Technologies for Nutrition Research: Potential for Assessing Military Performance Capability*.

Kuzmits, F. E., & Adams, A. J. (2008). The NFL combine: does it predict performance in the National Football League? *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(6), 1721-1727.

Lambert, B. S., Oliver, J. M., Katts, G. R., Green, J. S., Martin, S. E., & Crouse, S. F. (2012). DEXA or BMI: clinical considerations for evaluating obesity in

- collegiate division IA American football athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 22(5), 436-438.
- Leard, J. S., Cirillo, M. A., Katsnelson, E., Kimiatek, D. A., Miller, T. W., Trebincevic, K., & Garbalosa, J. C. (2007). Validity of two alternative systems for measuring vertical jump height. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(4), 1296-1299.
- Lohman TG. (1986) Applicability of body composition techniques and constants for children and youth. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 14, 325-357.
- Magal, M., Smith, R. T., Dyer, J. J., & Hoffman, J. R. (2009). Seasonal variation in physical performance–related variables in male NCAA division III soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(9), 2555-2559.
- Mansell, K., Blackburn, D., Arnold, B., & Arnason, T. (2011). Prevalence of Metabolic Syndrome Among College Football Linemen. *Canadian Journal of Diabetes*, 35(5), 497-502. doi: 10.1016/S1499-2671(11)80005-5
- Marfell-Jones, M, Stewart, A. D., & de Ridder, J. H. (2012). International standards for anthropometric assessment. Wellington, New Zealand: International Society for the Advancement of Kinanthropometry.
- Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A, Carter L. (2006). *International Standards for Anthropometric Assessment*. Potchefstroom (Africa): International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK).
- Marks, P., Van Meel, M., Robinson, J., & Robinson, C. L. (2015). Body composition differences by assessment methods such as dexa, hydrostatic,

- bio-impedance, and skin fold. In *International Journal of Exercise Science: Conference Proceedings*, 8(3), 39. <http://digitalcommons.wku.edu/ijesab/vol8/iss3/39>
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., & Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 551-555.
- Martínez, A. E., Peñaloza, R., Lara-Padilla, E., Berral, J. F., Martínez, A., Peñaloza, R. & Berral, J. (2014). Relation of Anthropometric Profile and Performance in Competition for Mexican High School Football Players on the Offensive Squad. *International Journal of Morphology*, 32(3), 1051-1059.
- Martin, D., Carl, K., & Lehnertz, K. (2007). *Manual de metodología del entrenamiento deportivo* (Vol. 24). Editorial Paidotribo.
- Martin, A. D., & Drinkwater, D. T. (1991). Variability in the measures of body fat. *Sports Medicine*, 11(5), 277-288.
- Mathews, E. M., & Wagner, D. R. (2008). Prevalence of overweight and obesity in collegiate American football players, by position. *Journal of American College Health*, 57(1), 33-38.
- Mattila, V. M., Tallroth, K. A. J., Marttinen, M., & Pihlajamäki, H. (2007). Physical fitness and performance. Body composition by DEXA and its association with physical fitness in 140 conscripts. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(12), 2242-2247.

- Mazess, R. B., Barden, H. S., Bisek, J. P., & Hanson, J. (1990). Dual-energy x-ray absorptiometry for total-body and regional bone-mineral and soft-tissue composition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 51(6), 1106-1112.
- McGee, K. J., & Burkett, L. N. (2003). The National Football League Combine: A Reliable Predictor of Draft Status? *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(1), 6-11.
- Melvin, M. N., Smith-Ryan, A. E., Wingfield, H. L., Ryan, E. D., Trexler, E. T., & Roelofs, E. J. (2014). Muscle characteristics and body composition of NCAA division I football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(12), 3320-3329. doi: 10.1519/JSC.0000000000000651.
- Meyer, N. L., Sundgot-Borgen, J., Lohman, T. G., Ackland, T. R., Stewart, A. D., Maughan, R. J., ... & Müller, W. (2013). Body composition for health and performance: a survey of body composition assessment practice carried out by the Ad Hoc Research Working Group on Body Composition, Health and Performance under the auspices of the IOC Medical Commission. *British Journal of Sports Medicine*, 47(16), 1044-1053 doi: 10.1136/bjsports-2013-092561.
- Microgate (2015). Photocells Witty·GATE. *Microgate - Witty·GATE*. Recuperado Octubre 05 de 2016, obtenido de <http://www.microgate.it/Training/Witty/Witty%C2%B7GATE>
- Miller, T. (2016). Guía de pruebas y evaluaciones de la NSCA. *Barcelona. Paidotribo*.

- Moreno Villares, J. M. (2000). Técnicas de valoración de la composición corporal. Actas del XXIX Congreso Nacional Ordinario de Pediatría de la Asociación Española de Pediatría.
- National Football League (NFL) (2018). Scouting Combine. Workouts. Obtenido 14.09.2018 de <http://www.nfl.com/combine/workouts>.
- Nikolaidis, P. T., Asadi, A., Santos, E. J., Calleja-González, J., Padulo, J., Chtourou, H., & Zemkova, E. (2015). Relationship of body mass status with running and jumping performances in young basketball players. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, 5(3), 187-194. doi: 10.11138/mltj/2015.5.3.187
- Noel, M. B., Vanheest, J. L., Zaneteas, P., & Rodgers, C. D. (2003). Body composition in Division I football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(2), 228-237.
- Norton, K., & Olds, T. (1996). *Anthropometrica: a textbook of body measurement for sports and health courses*. UNSW press.
- Norton, K., & Olds, T. (2001). Morphological evolution of athletes over the 20th century. *Sports Medicine*, 31(11), 763-783.
- Nuzzo, J. L. (2015). The National Football League Scouting Combine From 1999 to 2014: normative reference values and an examination of body mass normalization techniques. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(2), 279-289. doi: 10.1519/JSC.0000000000000755.
- Nuzzo, J. L., Anning, J. H., & Scharfenberg, J. M. (2011). The reliability of three devices used for measuring vertical jump height. *The Journal of Strength &*

- Conditioning Research*, 25(9), 2580-2590. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181fee650.
- Oliver, J. M., Lambert, B. S., Martin, S. E., Green, J. S., & Crouse, S. F. (2012). Predicting football players' dual-energy x-ray absorptiometry body composition using standard anthropometric measures. *Journal of Athletic Training*, 47(3), 257-263. doi: 10.4085/1062-6050-47.3.12.
- Parker, L., Reilly, J. J., Slater, C., Wells, J. C., & Pitsiladis, Y. (2003). Validity of six field and laboratory methods for measurement of body composition in boys. *Obesity Research*, 11(7), 852-858.
- Platonov, V. N., & Bulatova, M. (2001). *La preparación física* (Vol. 3). Editorial Paidotribo.
- Potteiger, J. A., & McGowan-Stinski, M. (2015). Protecting the metabolic health of football players with high fat mass. *Strength & Conditioning Journal*, 37(6), 95-101. doi: 10.1519/SSC.0000000000000158.
- Pryor, J. L., Huggins, R. A., Casa, D. J., Palmieri, G. A., Kraemer, W. J., & Maresh, C. M. (2014). A profile of a National Football League team. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(1), 7-13. doi: 10.1519/JSC.0000000000000303.
- Radley, D., Gately, P. J., Cooke, C. B., Carroll, S., Oldroyd, B., & Truscott, J. G. (2003). Estimates of percentage body fat in young adolescents: a comparison of dual-energy X-ray absorptiometry and air displacement plethysmography. *European Journal of Clinical Nutrition*, 57(11), 1402-1410.

- Ribeiro, B. G., Mota, H. R., Sampaio-Jorge, F., Morales, A. P., & Leite, T. C. (2015). Correlation between body composition and the performance of vertical jumps in basketball players. *Journal of Exercise Physiology Online*, 18(5), 69-78.
- Robbins, D. W. (2010). The National Football League (NFL) combine: does normalized data better predict performance in the NFL draft? *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(11), 2888-2899. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181f927cc.
- Robbins, D. W. (2011). Positional physical characteristics of players drafted into the National Football League. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(10), 2661-2667. doi: 10.1519/JSC.0b013e318208ae3f.
- Robbins, D. W., Goodale, T. L., Kuzmits, F. E., & Adams, A. J. (2013). Changes in the athletic profile of elite college American football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(4), 861-874. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182610be2
- Sabino, C. (2008) El proceso de la investigación científica. Buenos Aires: El Cid Editor.
- Santos, D. A., Dawson, J. A., Matias, C. N., Rocha, P. M., Minderico, C. S., Allison, D. B., ... & Silva, A. M. (2014). Reference values for body composition and anthropometric measurements in athletes. *PloS one*, 9(5), e97846. doi: 10.1371/journal.pone.0097846.

- Schmidt, W. D. (1999). Strength and Physiological Characteristics of NCAA Division III American Football Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 13(3), 210-213.
- Secora, C. A., Latin, R. W., Berg, K. E., & Noble, J. M. (2004). Comparison of physical and performance characteristics of NCAA Division I football players: 1987 and 2000. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(2), 286-291.
- Shin, H., Panton, L. B., Dutton, G. R., & Ilich, J. Z. (2011). Relationship of physical performance with body composition and bone mineral density in individuals over 60 years of age: a systematic review. *Journal of Aging Research*, 23(2011), 191896. doi: 10.4061/2011/191896
- Sierer, S. P., Battaglini, C. L., Mihalik, J. P., Shields, E. W., & Tomasini, N. T. (2008). The National Football League Combine: performance differences between drafted and nondrafted players entering the 2004 and 2005 drafts. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(1), 6-12.
- Skinner, A. C., Hasty, S. E., Turner, R. W., Dreibelbis, M., & Lohr, J. A. (2013). Is bigger really better? Obesity among high school football players, player position, and team success. *Clinical Pediatrics*, 52(10), 922-928. doi: 10.1177/0009922813492880
- Smith, J. F., & Mansfield, E. R. (1984). Body composition prediction in university football players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 16(4), 398-405.

- Snow, T. K., Millard-Stafford, M., & Roskopf, L. B. (1998). Body Composition Profile of NFL Football Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 12(3), 146-149.
- Steed, C. L., Krull, B. R., Morgan, A. L., Tucker, R. M., & Ludy, M. J. (2016). Relationship Between Body Fat and Physical Fitness in Army ROTC Cadets. *Military Medicine*, 181(9), 1007-1012. doi: 10.7205/milmed-d-15-00425.
- Stephenson, M. L., Smith, D. T., Heinbaugh, E. M., Moynes, R. C., Rockey, S. S., Thomas, J. J., & Dai, B. (2015). Total and lower extremity lean mass percentage positively correlates with jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(8), 2167-2175. doi: 10.1519/JSC.0000000000000851.
- Stone, M. H., Moir, G., Glaister, M., & Sanders, R. (2002). How much strength is necessary? *Physical Therapy in Sport*, 3(2), 88-96.
- Stuempfle, K. J., Drury, D. G., Petrie, D. F., & Katch, F. I. (2007). Ponderal somatograms assess changes in anthropometric measurements over an academic year in Division Iii collegiate football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 689-696.
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419-1449.
- Svendsen, O. L., Haarbo, J., Hassager, C., & Christiansen, C. (1993). Accuracy of measurements of body composition by dual-energy x-ray absorptiometry in vivo. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 57(5), 605-608.

- Terzis, G., Kyriazis, T., Karampatsos, G., & Georgiadis, G. (2012). Muscle Strength, Body Composition, and Performance of an Elite Shot-Putter. *International Journal of Sports and Physical Performance*, 7(4), 394-396. Doi: 10.1123/ijsp.7.4.394.
- Trexler, E. T., Smith-Ryan, A. E., Mann, J. B., Ivey, P. A., Hirsch, K. R., & Mock, M. G. (2017). Longitudinal body composition changes in NCAA division I college football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(1), 1-8.
- Tucker, L.A., Lecheminant, J.D., & Bailey, B.W. (2014). Test-retest reliability of the bod pod: The effect of multiple assessments. *Perceptual & Motor Skills* 118(2), 563–570. doi: 10.1097/HRP.0000000000000027
- Turnagöl, H. H. (2016). Body composition and bone mineral density of collegiate American football players. *Journal of Human Kinetics*, 51(1), 103-112. doi: 10.1515/hukin-2015-0164.
- Vicente-Rodríguez, G., Rey-López, J. P., Mesana, M. I., Poortvliet, E., Ortega, F. B., Polito, A., & Moreno, L. A. (2012). Reliability and intermethod agreement for body fat assessment among two field and two laboratory methods in adolescents. *Obesity*, 20(1), 221-228. doi: 10.1038/oby.2011.272
- Vitale, J. A., Caumo, A., Roveda, E., Montaruli, A., La Torre, A., Battaglini, C. L., & Carandente, F. (2016). Physical Attributes and NFL Combine Performance Tests between Italian National League and American Football Players: A

- Comparative Study. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(10), 2802-2808.
- Wellman, A. D., Coad, S. C., Goulet, G. C., & McLellan, C. P. (2016). Quantification of competitive game demands of NCAA Division I college football players using global positioning systems. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(1), 11-19. doi: 10.1519/JSC.0000000000001206.
- White, J., Mayhew, J. L., & Piper, F. C. (1980). Prediction of body composition in college football players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 20(3), 317-324.
- Wickkiser, J. D., & Kelly, J. M. (1975). The body composition of a college football team. *Medicine and Science in Sports*, 7(3), 199–202.
- Williams, C. (1994). ABC of sports medicine. Assessment of physical performance. *BMJ: British Medical Journal*, 309(6948), 180-184.
- Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 285-288.
- Withers, R. T., Laforgia, J., & Heymsfield, S. B. (1999). Critical appraisal of the estimation of body composition via two-, three-, and four-compartment models. *American Journal of Human Biology*, 11(2), 175-185.
- Withers, R. T., Laforgia, J., Pillans, R. K., Shipp, N. J., Chatterton, B. E., Schultz, C. G., & Leaney, F. (1998). Comparisons of two-, three-, and four-

- compartment models of body composition analysis in men and women. *Journal of Applied Physiology*, 85(1), 238-245.
- Yamamoto, J. B., Yamamoto, B. E., Yamamoto, P. P., & Yamamoto, L. G. (2008). Epidemiology of college athlete sizes, 1950s to current. *Research in Sports Medicine*, 16(2), 111-127.
- Yamashita, D., Asakura, M., Ito, Y., Yamada, S., & Yamada, Y. (2017). Physical characteristics and performance of Japanese top-level American football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(9), 2455-2461. doi: 10.1519/JSC.0000000000001714.
- Ye, X., Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Rossow, L.M., Thiebaud, R.S., Kim, D., Bembien, M.G., & Abe, T. (2013). Relationship between lifting performance and skeletal muscle mass in elite powerlifters. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 53(4), 409-414.