

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



**PRECISIÓN DE FÓRMULAS ANTROPOMÉTRICAS
PARA ESTIMAR PORCENTAJE DE GRASA VS
ESTIMACIÓN REALIZADA CON DEXA**

Por

VANESA ALEJANDRA FLORES GARCÍA

PRODUCTO INTEGRADOR

TESIS

**Como requisito parcial para obtener el grado de MAESTRÍA EN ACTIVIDAD
FÍSICA Y DEPORTE CON ORIENTACIÓN EN ALTO RENDIMIENTO**

Nuevo León, Julio 2021

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi madre y a mi padre por todo el apoyo y confianza puestos en mí desde que inicié esta larga carrera en mis estudios universitarios. A mi madre que siempre ha sido mi pilar y un ejemplo de lo que debe ser una mujer fuerte, resiliente, trabajadora y dedicada. Gracias por haber hecho de mí una mujer independiente, fuerte y que busca superarse. Todo te lo debo a ti, a tu amor, apoyo y sacrificio. A mi padre, gracias por haberte quedado y formar parte de mi vida para cuidarme y acompañarme en cada etapa.

Gracias infinitas a mi asesora la Dra. Myriam García por brindarme su paciencia, apoyo incondicional y confianza a lo largo de este proceso. También al Dr. Germán Hernández Cruz por su disposición, apoyo y las oportunidades otorgadas. A todos mis profesores de la maestría, que mucho aportaron cada uno con su conocimiento para mi formación, así como inspiración para seguir estudiando y crecer como profesional. A mi segunda casa de estudios, que literalmente en su momento también fue un segundo hogar, a la Universidad Autónoma de Nuevo León, así como al programa CONACYT por hacer posible este sueño.

A mis compañeros que tuve la fortuna de conocer y compartir con ellos durante este proceso, que más que compañeros se convirtieron en amigos, en familia. Su pasión y entrega me motivó mucho más a dar lo mejor de mí misma todos los días. A esas personas que estuvieron al inicio pero que, por alguna razón, no lograron acompañarme hasta el final, gracias por su confianza y motivación.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA

FICHA DESCRIPTIVA

Fecha de graduación: PENDIENTE

NOMBRE DEL ALUMNO(A): VANESA ALEJANDRA FLORES GARCÍA

Título del producto integrador: PRECISIÓN DE FÓRMULAS ANTROPOMÉTRICAS PARA ESTIMAR PORCENTAJE DE GRASA VS ESTIMACIÓN REALIZADA CON DEXA

Número de páginas: 60

Candidato para obtener el Grado de Maestría en Actividad Física y Deporte con Orientación en Alto Rendimiento.

Resumen de tesis:

El voleibol se caracteriza por ser un deporte de jugadas rápidas, con esfuerzos intensos de corta intensidad, seguido de periodos de actividades de baja intensidad. El exceso de masa grasa resulta contraproducente para la ejecución de movimientos rápidos y saltos, reduciendo el rendimiento y aumentando las demandas de energía durante la ejecución de una determinada acción. De ahí la importancia de realizar una evaluación precisa de la composición corporal para evaluar de manera adecuada el progreso y la posterior modificación de la programación de ejercicios y las estrategias nutricionales. Muestra: 20 jugadores. Se evaluó el porcentaje de grasa a través de mediciones y fórmulas antropométricas, para después compararlos con los resultados obtenidos con DEXA. De las 11 fórmulas antropométricas seleccionadas, solo 5 no tuvieron diferencias estadísticas

($p < .05$) en comparación con DEXA. Esas 5 fórmulas se analizaron con gráficos de Bland-Altman para obtener las más precisas respecto al control. Se observó que las fórmulas de Durnin-Womersley y Durnin-Rahaman tienen la menor dispersión y sus pendientes son similares a 0, lo que indica una mayor similitud a los porcentajes obtenidos con DEXA. En conclusión, se podrían utilizar cualquiera de las dos fórmulas anteriormente mencionadas para evaluar el porcentaje de grasa únicamente de los jugadores pertenecientes a la selección universitaria de voleibol varonil de la UANL.



Dra. Myriam Zarai García Dávila



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Los miembros del comité de titulación de la Subdirección de Posgrado e Investigación de la Facultad de Organización Deportiva, recomendamos que el Producto Integrador en modalidad de Tesis titulado "Precisión de las fórmulas antropométricas para estimar la masa grasa en comparación a la estimación realizada con DEXA en voleibolistas de la selección de la UANL" realizada por la Lic. Vanesa Alejandra Flores García, sea aceptado para su defensa como oposición al grado de Maestro en Actividad Física y Deporte con Orientación en Alto rendimiento.

COMITÉ DE TITULACIÓN

Dra. Myriam Xarai García Dávila
Asesor Principal

Dr. Germán Hernández Cruz
Co-asesor 1

Dra. Zeltzin Nereyda Alonso Ramos
Co-asesor 2

Dra. Blanca R. Rangel Colmenero
Subdirección de Posgrado e Investigación de la FOD
Nuevo León, mayo, 2021

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO.....	11
1.1 Composición corporal	11
1.2 Modelos y métodos de análisis.....	12
1.3 Absorciometría Dual de Rayos X.....	14
1.4 Antropometría	19
1.5 Fórmulas para la estimación de la grasa corporal	21
1.6 Rendimiento deportivo y composición corporal	32
CAPITULO II. METODOLOGÍA.....	35
2.1 Diseño.....	35
2.2 Población y muestra	35
2.3 Criterios de inclusión.....	35
2.4 Criterios de exclusión	35
2.5 Criterios de eliminación	35
2.6 Consideraciones éticas.....	35
2.7 Equipo e instrumentación	36
2.8 Procedimiento.....	36
2.9 Análisis estadístico	37
CAPÍTULO III. RESULTADOS	39
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN	42
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES.....	44
REFERENCIAS.....	45
ANEXOS	52
Anexo A. Proforma antropométrica	52
Anexo B. Evaluaciones DEXA	53
Anexo C. Consentimiento informado.....	56
Anexo D. Gráficos Bland-Altamn fórmulas rechazadas	56
Anexo E. Gráfico de Rangos	57
EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA	58

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO.....59

INTRODUCCIÓN

La absorciometría dual de rayos X (DEXA por sus siglas en inglés) es hoy en día una de las técnicas más comúnmente utilizadas para el análisis de la composición corporal a nivel mundial (Plank, 2005). Debido a su exactitud en la estimación de la composición corporal a nivel individual, el DEXA así como otras técnicas (hidro densitometría, plestimografía, agua marcada), son considerados métodos de referencia (G. Rodríguez et al., 2005a).

El análisis de técnicas como DEXA y antropometría nos ayudan a estimar valores como la masa grasa, entre otras, sin embargo, la medida de esta puede ser obtenida por medio de métodos directos, indirectos o doblemente indirectos (Costa et al., 2015). El método directo es la disección de cadáveres; el DEXA forma parte de los métodos indirectos y en lo referente a los métodos doblemente indirectos son validados a través de lo indirectos, aquí encontramos la antropometría y la bioimpedancia eléctrica (Piñeda et al., 2017).

De estos métodos doblemente indirectos, utilizaremos la antropometría debido a la sencillez, bajo costo, rapidez y nivel de confiabilidad con el que cuenta (Piñeda et al., 2017). Estos estudios antropométricos nos permiten estimar la composición corporal, la morfología, dimensiones y proporcionalidad los cuales son utilizados en el ámbito deportivo, la nutrición y crecimiento (Alvero et al., 2009). La utilización de ecuaciones de predicción de la composición corporal, se basan en el análisis de las variables antropométricas y son aplicables siempre y cuando se busque su reproducción con las mismas medidas originales que se desarrolló dicha ecuación y, de ser posible, aplicarlo al mismo grupo de edad, sexo, etnia y, en este caso, deporte de los cuales fueron obtenidos con el fin de asegurar una mayor eficiencia y fiabilidad (Alvero et al., 2009). El seguimiento de un protocolo estandarizado a nivel internacional como el planteado por la sociedad internacional para el avance de la cineantropometría (ISAK) apoyará a disminuir el grado de error y asegurar que los resultados puedan ser comparables (Piñeda et al., 2017).

En el deporte de alto rendimiento, existen varios factores que influyen en el rendimiento deportivo dentro de los cuales encontramos la composición corporal (García et al., 2015). En el caso específico del motivo de este estudio, el uso de la antropometría es particularmente importante para controlar los niveles de grasa corporal (Norton y Olds, 1996). Aquellos deportistas con mayor cantidad de masa muscular y menor masa grasa tienen una mayor capacidad para recorrer mayores distancias, así como valores más elevados en pruebas de saltos (García et al., 2015). El exceso de masa grasa resulta ser contraproducente en movimientos rápidos y salto, reduciendo el desempeño e incrementando las demandas de energía durante la ejecución de una acción particular (Toselli y Campa, 2018).

Planteamiento del problema

En la actualidad, existen diferentes métodos para realizar el análisis de la composición corporal. Este trabajo se basa en la comparación de los resultados obtenidos por medio de un método indirecto, que es validado a partir de un método directo (disección de cadáveres) o de la densitometría; y un método doblemente indirecto, el cual se valida a partir de métodos indirectos (Alonso-Aubin et al., 2015).

A pesar de la alta fiabilidad del método indirecto, estos tienen un costo elevado, son poco accesibles y limitados, además de la necesidad de profesionales calificados, por lo que se puede recurrir a los doblemente indirectos que son más accesibles, económicos y fáciles de interpretar, aunque su principal desventaja es un margen de error muy elevado al compararlo con un método indirecto (Aparecida, et al., 2020).

El análisis constante de los deportistas a lo largo de la temporada de preparación resulta fundamental pues es necesario medir y controlar los niveles de grasa corporal (Norton & Olds, 1996) esto debido a que los deportistas con porcentajes de grasa elevados, suelen presentar dificultad para realizar movimientos rápidos y saltos ya que en este caso resulta ser contraproducente, reduciendo el rendimiento deportivo e incrementando las demandas de energía durante la ejecución de una acción en particular (Toselli y Campa, 2018).

Justificación

A pesar de contar con equipo como el DEXA para evaluar la composición corporal de los deportistas, su accesibilidad se ve limitada por su demanda por parte de otras disciplinas deportivas de la universidad, así también es importante resaltar, que aun cuando es un método más exacto, es necesario contar con la disponibilidad de su uso, así como el apoyo de personal capacitado para ello. Otra limitante se presenta en individuos de talla alta, ya que las dimensiones de las camas de escaneo de los modelos actuales de DEXA son aproximadamente de 60-66 cm de ancho por 190-198 cm de largo (Silva, Heymsfield y Sardhina, 2013).

Esto resulta en una clara problemática cuando el DEXA es utilizado para el escaneo de cuerpo completo de individuos que son más altos (como fue el caso de este estudio) y/o más anchos que el área de escaneo (Nana et al., 2014). Esta limitación afecta particularmente a atletas involucrados en deportes donde la estatura es un factor importante en el rendimiento deportivo, como es el caso del baloncesto y el voleibol (Santos et al., 2013).

Por este motivo es importante buscar métodos más rápidos y accesibles para todos los atletas para la evaluación constante de la composición corporal que nos permita monitorear y realizar modificaciones o cambios para mantener o mejorar el estado físico de los deportistas de manera oportuna pues los parámetros físicos, como estatura, peso, masa grasa/muscular o componentes del somatotipo, pueden influir en el desempeño y éxito en la competencia además de otros factores (Martín-Matillas et al., 2014).

Objetivo general

Determinar cuál es la fórmula antropométrica más precisa para estimar la masa grasa en comparación a la estimación realizada con DEXA.

Objetivos específicos

- Evaluar la masa grasa por medio de DEXA.

- Evaluar la masa grasa por medio de medidas antropométricas de perfil restringido.
- Calcular la masa grasa a través de las diferentes fórmulas antropométricas.
- Verificar el grado de correlación existente entre la estimación de la masa grasa a través del cálculo antropométrico y el análisis realizado con DEXA.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Composición corporal

Durante mucho tiempo, los investigadores han reportado que individuos de una misma edad, altura, y peso, pueden tener diferentes formas, composición corporal, requerimientos energéticos y perfiles metabólicos. Es ampliamente aceptado que la composición corporal puede influenciar, independientemente, la salud (Lemos y Gallagher, 2017).

La composición corporal es la rama de la biología humana que se encarga de cuantificar los componentes corporales, los cambios cuantitativos entre componentes y las relaciones cuantitativas entre los mismos relacionados a diversos factores influyentes. También se puede definir el estudio de la composición corporal a través de la evaluación por diferentes métodos, de las distintas fracciones corporales, con respecto al peso total (Piñeda, et al., 2017). Estas mediciones de la composición corporal son métodos objetivos de la asesoría nutricional y son de interés para nutriólogos, profesionales de la salud y científicos del deporte (Kuriyan, 2018).

Dentro del área clínica, la composición corporal es utilizada para identificar pacientes obesos y desnutridos, para caracterizar la ganancia o pérdida de peso, así como diagnosticar sarcopenia (reducida cantidad de masa muscular) o caquexia (pérdida involuntaria de peso y bajo peso). También ayuda a la evaluación de riesgo cardiovascular y a la caracterización de la hiper y deshidratación, el desarrollo y crecimiento, el envejecimiento y el rendimiento físico (Müller, et al., 2016). El aumento de la prevalencia de la obesidad y enfermedades relacionadas al estilo de vida ha generado un

incremento en la necesidad de métodos para la estimación de la composición corporal con una mayor sensibilidad y precisión (Kuriyan, 2018).

Los expertos en nutrición deportiva pueden utilizar los valores de la composición corporal para ayudar a desarrollar intervenciones dietéticas específicas, y a los entrenadores para que puedan ayudar a crear, optimizar y evaluar programas de entrenamiento (Moon, 2013).

1.2 Modelos y métodos de análisis

La composición corporal trata de modelos y métodos. Desde hace unos 70 años, la ciencia del análisis de la composición corporal empezó con el clásico “modelo de dos componentes”, el cual divide el cuerpo humano en dos 2 grandes compartimentos, masa libre de grasa (el cual incluye el agua dentro de los adipocitos) o el tejido blando magro (la suma de todos los compartimentos magros, órganos y tejidos, también incluye los lípidos son grasos; también conocido como masa corporal magra) y la masa grasa. La masa libre de grasa incluye el agua corporal total, minerales óseos y proteínas. La masa grasa hace referencia a las reservas energéticas con triglicéridos que representan aproximadamente el 80% del tejido adiposo (Müller et al., 2016).

Los modelos actuales de composición corporal hacen referencia a “cinco diferentes niveles”, los cuales son, el atómico (que incluye los 11 principales elementos, H, O, N, C, Na, K, Cl, P, Ca, Mg, S), el molecular (incluyendo 6 componentes, lípido, agua, proteína, carbohidratos, minerales óseos, minerales de tejido blando), el celular (que es 3 o 4 componentes, masa celular, fluidos extracelulares, sólidos extracelulares, donde la masa celular puede ser dividida en grasa y masa celular corporal activamente metabolizadora), el órgano-tisular (por ejemplo, tejidos principales, músculo esquelético, órganos viscerales, hueso con otros componentes a nivel de órganos como cerebro, hígado, riñones, corazón, bazo) y, finalmente, el cuerpo completo o global (por ejemplo, divide el cuerpo en regiones corporales, como puede ser cerebro, tronco, miembros superiores e inferiores). Todos estos son conocidos como modelos multicomponentes (Müller et al., 2016).

La información obtenida a un nivel puede ser transformada en otros niveles, usando, por ejemplo, constantes químicas (como para el cálculo de la proteína corporal a partir nitrógeno) o usando constantes o relaciones experimental o estadísticamente derivadas (Deurenberg y Deurenberg-Yap, 2003).

En el comienzo del siglo XX, el análisis de la composición corporal se llevaba a cabo por medio de la disección de cadáveres, que es considerado como el único método directo para la evaluación de la composición corporal hasta hoy en día. Mas adelante, surgen los métodos indirectos que vienen a establecer los principios que se siguen utilizando actualmente, como el pesaje hidrostático, el agua corporal total y el potasio corporal total (Costa et al., 2015).

La necesidad de métodos más precisos para evaluar la composición corporal como herramienta de diagnóstico y pronóstico van de la mano con la introducción de conceptos de calidad, lo que implica la translación de nuevas tecnologías y procedimientos al campo de práctica. Hoy en día, las intervenciones se basan en técnicas menos invasivas y más seguras, métodos de diagnóstico replicables, pros y contras relacionados a la población objetivo y el motivo del estudio (Ceniccola et al., 2018).

En la actualidad, los métodos utilizados para el análisis de la composición corporal se dividen en 3 grupos: directo, indirecto y doblemente indirecto. Como ya se mencionó antes, el método directo es el de disección de cadáveres y, a pesar de su excelente fiabilidad, su utilidad y aplicación es limitada (Costa et al., 2015).

Los métodos indirectos no manipulan los tejidos que son analizados, por lo que el análisis se realiza in vivo. Estos métodos se validan a través de la densitometría, que está basado en el modelo de 2 compartimentos que asume que el cuerpo se divide en componentes de grasa y libre de grasa y que asume que la densidad de la masa libre de grasa es $1.1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, lo que, a su vez, se basa en la asunción que las proporciones relativas y las densidades del agua, minerales y constituyentes proteicos son uniformes a través del individuo (Evans et al., 2005).

El otro método utilizado para validar los indirectos es el método directo y este, como la densitometría, hacen posible medir los tejidos corporales. Aun cuando tienen un alto nivel de fiabilidad, estos resultan ser limitados, poco accesibles y de un alto costo financiero (Costa et al., 2015). Algunos ejemplos de métodos indirectos son la plestimografía, el pesaje hidrostático, agua corporal total, espectrometría, determinación de creatinina, tomografía computarizada, resonancia magnética y absorciometría dual de rayos X (DEXA) (Piñeda et al., 2017).

En cuanto los métodos doblemente indirectos tenemos la bioimpedancia eléctrica y la antropometría, siendo estas también técnicas aplicadas in vivo que, en general, se validaron a través de métodos indirectos. Debido a la sencillez, bajo costo, grado de confiabilidad, seguridad y rapidez, permiten su empleo en investigaciones y estudios epidemiológicos en poblaciones grande (Piñeda et al., 2017).

Los dos métodos que se utilizaron para evaluar la composición corporal de los jugadores de la selección universitaria de voleibol de la UANL y que se busca comparar son el DEXA y la antropometría, por lo que hablaremos más a fondo sobre estos.

1.3 Absorciometría Dual de Rayos X

Dentro de las metodologías disponibles, el DEXA es una técnica avanzada que en un inicio fue creada para evaluar la densidad mineral ósea (Costa et al., 2015). Actualmente el DEXA es considerado el “gold standard” de las técnicas para la evaluación de la composición corporal en el nivel molecular y se basa en un modelo de 3 compartimentos (masa grasa, masa magra y densidad ósea) (Bazzocchi et al., 2016). La exactitud de este método permite la evaluación de la composición corporal para diferentes individuos como sedentarios, atletas de todas las disciplinas y edades y personas con enfermedades crónicas (F. Rodríguez et al., 2012).

La interpretación de las mediciones de la composición corporal a través del DEXA, requiere la apreciación de conceptos como la validez, confiabilidad y, como resultado de estas, la precisión. La validez se refiere a la concordancia entre el valor de una medida y su valor real o, más ampliamente, qué tan bien una medida es representativa de otra. La

validez es importante para la precisión de una sola medición, y una de las consecuencias de la mala validez de la medición es la reducción en la capacidad de caracterizar las relaciones entre las variables en los estudios descriptivos. Aunque existen estudios sobre la validez de las estimaciones de la composición corporal por DEXA en poblaciones generales u obesas, incluso las mejores investigaciones se limitan a comparaciones con mediciones derivadas de varias otras técnicas indirectas dentro de un modelo multicompartimental, en lugar del estándar de oro de las mediciones químicas en cadáveres (Nana et al., 2014).

La confiabilidad se refiere a la reproducibilidad del valor observado cuando la medición es repetida y es el resultado de la alta precisión de una sola medición, y esto también facilita la habilidad de detectar cambios entre una serie de mediciones en el mismo atleta. Este es una consideración importante si se utiliza el DEXA para evaluar la composición corporal a lo largo de la maduración del atleta o su entrenamiento o como resultado de una intervención específica (Nana et al., 2014).

La forma de validar la calibración absoluta es obtener imágenes de cadáveres enteros o seccionados y luego realizar un análisis químico para cuantificar definitivamente la composición. Las validaciones de precisión se han realizado por años usando fetos de cerdos y bebés nacidos muertos, cadáveres de adultos y cuerpos de corderos (Shepherd, Ng, Sommer y Heymsfield, 2016).

El principio físico básico del DEXA es la medición de la transmisión de rayos x de dos diferentes niveles de energía (alto y bajo) a través del cuerpo. La fuente de los rayos x genera un haz de rayos x, el cual consiste en partículas de fotones transportadas a través de energía electromagnética. La energía del haz de rayos x es atenuada durante su paso a través de los tejidos y la atenuación está influenciada por la intensidad de la energía y la densidad y grosor de los tejidos humanos (Bazzocchi et al., 2016). El DEXA hace una estimación del R-value, el cual es el coeficiente del rango de atenuación a dos niveles diferentes de energía. R-value del tejido blando varía dependiendo de la composición del tejido blando del sujeto (entre menor es el R-value, mayor es el porcentaje de grasa),

mientras que este valor es constante para el hueso y la grasa en todos los pacientes (Ceniccola et al., 2018).

El DEXA es capaz de discriminar los 3 diferentes compartimentos, basado en sus propiedades específicas de atenuación de rayos X, sin embargo, no es capaz de estimar directamente los 3 componentes. Aproximadamente, 40-45% del área total escaneada por el DEXA se compone de hueso. En esta área, el DEXA solo es capaz de diferenciar entre el hueso y la cantidad global de tejido blando, el cual incluye la masa grasa y la masa magra. Los pixeles que están localizados adyacentes al hueso, el cual contiene tejido blando solamente, son utilizados para calcular la cantidad exacta de masa grasa y magra (Messina et al., 2020). Los tejidos blandos, que consisten principalmente de agua y compuestos orgánicos, reducen el flujo de los fotones en una medida mucho menor que el mineral óseo por lo que los pixeles que contienen los huesos son más fáciles de distinguir (Plank, 2005).

La precisión de los valores de masa magra y masa grasa arrojados por el DEXA depende estrictamente el proceso de varios pasos de la ejecución del escaneo de cuerpo completo. Este proceso se compone de 3 partes: preparación del sujeto, posicionamiento del sujeto y proceso post escaneo. Por lo tanto, la preparación adecuada es crucial para que las variaciones biológicas en las mediciones de la masa grasa y magra sean lo menor posible (Messina et al., 2020). El ejercicio y las comidas pueden afectar los valores de masa magra, aunque/mientras que la masa grasa no se ve afectada por estas condiciones, el nivel de hidratación si puede modificar sus resultados. Como regla general, se debe buscar que estandarizar las condiciones en términos de actividades, ingesta de alimentos y hora del día (Nana et al., 2012).

El posicionamiento del paciente es otro factor importante, por lo que las posiciones oficiales de la Sociedad Internacional para la Densitometría Clínica (ISCD) sugieren posicionar el cuerpo del paciente con los miembros superiores al costado del cuerpo, con las palmas hacia abajo. Los pies deberán mantenerse en una posición neutral o con una ligera rotación interna, con un espacio residual entre los miembros inferiores. La cabeza

se deberá posicionar con el mentón en una posición neutral, con la cara hacia arriba; no se deberán utilizar almohadas (Petak et al., 2013).

En este caso se siguieron las indicaciones sugeridas por el fabricante las cuales mencionan que se deben retirar todos los materiales que puedan atenuar la imagen (botones metálicos, cinturones, entre otros) de la zona de medición. No se deben utilizar mantas ni almohadillas o cojines gruesos ya que estos pueden interferir con la exploración y provocar desviaciones en los resultados. También se debe retirar los zapatos al paciente (GE Healthcare, 2010).

En cuanto al posicionamiento, el manual de usuario menciona que se debe de colocar el cuerpo del paciente debe colocarse en el centro de la tabla de escaneo, para esto se debe utilizar la línea central de la mesa como guía. Los brazos deberán estar estirados a lo largo del cuerpo del paciente y sus manos se deberán colocar a los costados con los pulgares hacia arriba y las palmas de las manos viendo hacia las piernas. De ser posible, las manos deben estar separadas de las piernas y que haya un pequeño hueco (~1 cm) entre los brazos y el torso.

El DEXA se aplica principalmente en un entorno clínico para medir la densidad mineral ósea para el diagnóstico de masa ósea baja y osteoporosis. Por lo tanto, las características físicas de una máquina DEXA están diseñadas para reflejar tanto su propósito principal (medir sitios óseos específicos) como la población objetivo (ancianos). Por estas razones las dimensiones de las camas de escaneo de los modelos actuales de DEXA son aproximadamente de 60-66 cm de ancho por 190-198 cm de largo (Silva, Heymsfield y Sardhina, 2013). Esto resulta en una clara problemática cuando el DEXA es utilizado para el escaneo de cuerpo completo de individuos que son más altos (como fue el caso de este estudio) y/o más anchos que el área de escaneo (Nana et al., 2014). Esta limitación afecta particularmente a atletas involucrados en deportes donde la estatura es un factor importante en el rendimiento deportivo, como es el caso del baloncesto y el voleibol (Santos et al., 2013).

En la actualidad, para las personas que no encajan dentro de los límites de la cama de escaneo debido a la altura del cuerpo, hay tres opciones: 1) excluir al sujeto de la

investigación, 2) escanear al sujeto y no escanear una parte de los pies o la cabeza, o 3) doble las rodillas para que los dedos de los pies y la cabeza quepan dentro de la región de exploración. La segunda opción obviamente reduce la precisión del método y el impacto absoluto depende de la cantidad de tejido excluido (Evans, et al., 2005).

Evans et al., (2005), Santos et al., (2013) y Silva et al., (2013) proponen en sus estudios dos métodos como solución alternativa para estimar el porcentaje de grasa en individuos más altos que el área de escaneo del DEXA. Estos consisten en la toma de 2 escaneos donde el primero consiste en desplazar el cuerpo a la parte inferior de la mesa para incluir teóricamente todo el cuerpo excepto la mitad inferior de las piernas y los pies; el segundo escaneo desplazó el cuerpo a la parte superior de la mesa para incluir teóricamente todo el cuerpo excepto la cabeza. Para el primer método (HIP) se toman las regiones de la cabeza, el brazo izquierdo y derecho y el tronco del primer escaneo, mientras que las regiones de la pierna izquierda y derecha se toman del segundo escaneo para al final sumarse. El segundo método (NECK) solo toma la región de la cabeza del primer escaneo y el resto de las regiones del cuerpo se obtienen del segundo escaneo para ser nuevamente sumados (Nana, Slater, Hopkins y Burke, 2012b).

Los últimos pasos son los relacionados al análisis de imagen, el cual debe ser realizado de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Como regla general, la simetría se debe mantener entre el lado derecho e izquierdo cuando se colocan las líneas diagonales, de manera que se incluyan en ambos lados la misma cantidad de tejido blando y hueso. La posición de las líneas superior horizontal debe ser colocada justo debajo de la mandíbula, mientras que la colocación horizontal es justo por encima de la cresta iliaca. Las líneas verticales en ambos lados del tronco deberán separar los brazos del pecho, mientras que las líneas verticales en los miembros inferiores deben ser colocadas alrededor de la cadera/pierna. Una última línea vertical debe ser colocada entre las piernas para separarlas (Petak et al., 2013).

A pesar de que el DEXA expone a al paciente y al operador a radiación ionizante, la dosis es muy baja para ambos. La dosis de radiación efectiva, que es la que recibe todo el cuerpo para un estudio de cuerpo completo en DEXA, es menor a 10 microSieverts

(μSv), dependiendo del modelo del escáner (Shepherd, Ng, Sommer y Steven 2016). De acuerdo con las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (2007) el límite de dosis efectiva para el público es de 1 mSv en un año, donde esta dosis proporciona una protección suficiente frente a efectos tanto estocásticos como deterministas, siendo los estocásticos aquellos que tienen cierta probabilidad de aparecer (cáncer y efectos hereditarios) y los deterministas donde la muerte o defectos del funcionamiento de las células se puede dar tras dosis de radiación elevadas (Hamada y Fujimichi, 2014).

1.4 Antropometría

El segundo método de evaluación de la composición con el que se trabajara en este estudio es la antropometría. Empezaremos por definir la antropometría como la colección sistemática y correlación de las medidas de los individuos, incluyendo las medidas sistemáticas de las características físicas del cuerpo humano, primeramente peso corporal, tamaño corporal y forma (Tur y Bibiloni, 2019). Los estudios antropométricos nos ayudan a estimar la composición corporal, estudiar la morfología, las dimensiones y la proporcionalidad y aplicarse en la nutrición, el crecimiento y el rendimiento deportivo (Alvero et al., 2009).

La antropometría involucra las mediciones de las dimensiones corporales como longitudes, diámetros, circunferencias y pliegues cutáneos. Hoy en día es uno de los métodos más utilizados para estimar el porcentaje de grasa debido a su bajo costo y fácil aplicabilidad, tanto para investigadores como en la práctica ambulatoria (Aparecida et al., 2020).

La antropometría es uno de los métodos más utilizados en investigaciones de campo, como el deporte, esto cuando no es posible utilizar un aparato más sofisticado para evaluar la composición corporal en el área donde se van a realizar las pruebas o el desplazamiento del grupo de evaluados hasta el laboratorio es complicado (Costa et al., 2015).

Investigaciones muestran que la antropometría juega un rol importante para alcanzar el desempeño óptimo en muchos deportes. Estudios en cineantropometría han encontrado que el desempeño óptimo requieren características antropométricas específicas que son dependientes de la disciplina practicada. Varios investigadores se han interesado por evaluar y analizar rasgos antropométricos de los atletas elite y su somatotipo, y como estos pueden ser utilizados para el descubrimiento temprano de talentos y para aumentar la comprensión en el rendimiento humano (Barbieri, Zaccagi, Babic, Rakovac, Misigoj-Durakovic y Gualdi-Russo, 2017).

Los pliegues cutáneos han sido aceptados por años como predictores de la densidad y la grasa corporales total, donde su uso para estimar el porcentaje de grasa se basa en la relación entre el tejido adiposo subcutáneo en puntos anatómicos predefinidos y la grasa corporal total (Fosbøl & Zerahn, 2015). Para esto, se utilizan. A partir de esto, se han desarrollado ecuaciones de regresión en las que se combinan diferentes parámetros y variables para poder estimar el porcentaje de grasa de grasa corporal total (Tovar-Galvez et al., 2017). También es importante tomar en cuenta las características del instrumento con el que se evalúan los pliegues citados. Se requiere que el plicómetro mantenga una presión constante de 10 g/mm^2 en todo el rango (o apertura de las pinzas) de las mediciones. Deberán estar calibrados con un mínimo de 40 mm, con divisiones que vayan del 0.1 al 1 mm; y deben calibrarse de manera regular, al menos una vez al año (Esparza-Ros et al., 2019).

Aunque no existe una recomendación en concreto de un plicómetro, el plicómetro Harpenden es uno de los más utilizados con fines de investigación. Aunque otros plicómetros pueden tener resultados satisfactorios, las mediciones pueden existir alteraciones debido a las diferencias en las características del plicómetro (Esparza-Ros et al., 2019).

Las mediciones del grosor los pliegues cutáneos pueden ser convertidos directamente en porcentaje de grasa o pueden requerir el cálculo de la densidad corporal usando fórmulas de regresión y su posterior conversión en porcentaje de grasa a través de diferentes fórmulas predictivas (Aparecida et al., 2020).

1.5 Fórmulas para la estimación de la grasa corporal

Jindrich Matiegka fue el pionero en la adquisición de mediciones de la superficie corporal como sustituto para medir la composición y que, subsecuentemente, se aplicó en atletas olímpicos en juegos de Ámsterdam 1928 y más notablemente en los juegos de Roma 1960 para caracterizar la variabilidad del somatotipo, proporciones y tamaños en diferentes deportes. Hasta la fecha, más de 100 ecuaciones de predicción de grasa corporal se han desarrollado a partir de pliegues cutáneos (Ackland et al., 2012).

La mayoría de los estudios más fundamentales de la composición corporal se han llevado a cabo en Europa y Estados Unidos de América, por lo tanto, gran parte de las reglas y suposiciones están basadas en datos obtenidos de caucásicos. Las suposiciones y el desarrollo de ecuaciones predictivas se han aplicado a otros grupos étnicos, asumiendo a priori su validez. En años recientes, se ha puesto a disposición mucha información que cuestiona seriamente la validez general de muchas suposiciones comunes en las fórmulas predictivas en todos los grupos étnicos (Deurenberg y Deurenberg-Yap, 2003).

Factores como los cambios inducidos por el ejercicio no siempre son tomados en cuenta cuando se evalúa la composición corporal de los atletas por métodos convencionales, por lo que se reduce la exactitud en las predicciones de la composición corporal. Muchas de las fórmulas de predicción más comunes, basadas en pliegues cutáneos y derivadas de población en general, pueden resultar inválidas cuando se aplican en atletas (Stewart y Hannan, 2000).

Por este motivo al realizar la revisión y selección de las fórmulas encontradas en literatura científica, se fueron escogiendo aquellas que su población de estudio fuera similar en cuanto a la edad, sexo, actividad física o protocolo de investigación en comparación con lo realizado en el presente estudio.

Como se ha mencionado antes, la aplicación de ecuaciones antropométricas en otras poblaciones diferentes de las de la muestra de origen requieren un análisis de validez. Para seleccionar las ecuaciones más apropiadas, es necesario tomar en cuenta factores como edad, sexo, etnia, instrumento, distribución de la grasa corporal y grado de actividad

física. Idealmente, las características de la población que se va a evaluar deben ser similares a las de la muestra utilizada en el proceso de validación de la ecuación seleccionada (Aparecida et al., 2020). Por lo tanto, se procederá a realizar un análisis del desarrollo de cada una de las fórmulas, comenzando con aquellas utilizadas para la estimación de la densidad corporal mencionadas en la **tabla 1.1**.

Tabla 1.1

Fórmulas densidad corporal

Autor y año	Fórmula
Durnin-Rahaman (1967)	$1.1610 - 0.0632 (\log \sum Bi, Tri, Sbe, Spi)$
Durnin-Womersley (1974)	$1.1631 - 0.0632 (\log \sum Bi, Tri, Sbe, Spi)$
Katch & McArdle (1973)	$1,09665 - 0,00103 (Tri) - 0,00056 (Sbe) - 0,00054 (Abd)$
Sloan (1967)	$1.1043 - 0.001327 (M) - 0.001310 x (Sbe)$
Wilmore & Behnke (1969)	$1,08543 - 0,000886 x (Abd) - 0,00040 (M)$

Bi= Bíceps (mm); Tr= Tríceps (mm); Sbe= Subescapular (mm); Spi= Suprailíaco (mm); Abd= Abdominal (mm); M= Muslo (mm); P= Pierna (mm).

En todos los artículos revisados fueron seleccionados cuidadosamente para este estudio, ya que el protocolo metodológico que desarrollaron en las fórmulas de densidad corporal tiene en común que los resultados obtenidos a partir de antropometría fueron comparados con los obtenidos a través de la técnica de pesaje hidrostático para calcular la densidad corporal.

Durnin y Rahaman publican su investigación en 1967, donde evalúan la cantidad de grasa corporal a partir de mediciones de pliegues cutáneos, así como el cálculo de la densidad corporal a partir de los mismos. Para esto se evaluaron a 105 adultos jóvenes y 86 adolescentes, todos británicos, con complejiones variadas, aunque solo pocos obesos. Debido a las diferencias en la densidad corporal y grasa estimada a partir del pesaje hidrostático, se crearon 4 grupos (hombres, mujeres, niños y niñas).

Todas las mediciones fueron tomadas con el sujeto sentado en un banco y del lado derecho del cuerpo. Los sitios se seleccionaron de la siguiente manera. 1) bíceps: sobre el

punto medio del vientre muscular con el brazo descansando en supinación; 2) tríceps: sobre el punto medio del vientre muscular, en el punto medio entre el olecranon y la punta del acromion, con la parte superior del brazo colgando de manera vertical; 3) subescapular: justo debajo de la punta del ángulo inferior de la escapula, a un ángulo aproximado de 45° de la vertical; 4) suprailíaco: justo arriba de la cresta iliaca en la línea axilar media. El instrumento utilizado fue un plicómetro Harpenden, debido a su presión constante a diferentes aperturas de las pinzas. Se obtuvieron 4 fórmulas (una para cada grupo) a partir de los 4 pliegues evaluados, siendo la de hombres la que se utilizará para este trabajo (Durnin y Rahaman, 1967).

Nuevamente J. Durnin, pero ahora con J. Womersley en 1974, proponen una fórmula para la estimación de la densidad corporal, con la diferencia que ahora el grupo de edades abarca a personas mayores. Para esto realizaron estudios en 209 hombres y 272 mujeres de edades entre los 16 y 72 los cuales fueron separados por grupos de edades. La muestra del estudio se componía principalmente de hombres y mujeres de clase media y moderadamente sedentarios (estudiantes, hombres y mujeres profesionistas y empresarios y sus parejas). Sin embargo, los sujetos fueron seleccionados deliberadamente para representar una variedad de tipos de cuerpos (algunos voluntarios se obtuvieron de una clínica de obesidad, clubes locales de salud y organizaciones deportivas, una compañía de ballet y otras fuentes). Todos los sujetos eran aparentemente sanos.

Los pliegues se tomaron en 4 sitios en todos los sujetos, en las áreas del bíceps, tríceps, subescapular y supra-iliaca. Todas fueron tomadas del lado derecho del cuerpo con los sujetos de pie en una posición relajada, utilizando como instrumento tanto el plicómetro Harpenden o el Lange. Los pliegues fueron tomados con la técnica estandarizada descrita por Weiner y Lourie (1969), con excepción del pliegue subescapular que siempre se tomó a un ángulo de 45° a la vertical y la posición del pliegue suprailíaco justo debajo de la cresta iliaca y la línea media axilar. A partir de estas mediciones se calcularon fórmulas de regresión lineal, por grupo de edad y sexo, para la estimación de la densidad corporal, usando solo pliegues cutáneos y todas las formas de sumas posibles ya sea de 2 o más pliegues (Durnin y Womersley, 1974).

Frank Katch y William McArdle desarrollan su fórmula y publican su investigación en 1973. Los sujetos de la muestra se conformaron por 53 hombres y 69 mujeres universitarios (todos caucásicos) pertenecientes a la universidad de Queens, en Nueva York. Los pliegues fueron medidos con el plicómetro Lange en el lado derecho del cuerpo en los 5 sitios siguientes: 1) pliegue vertical del tríceps en la parte de la línea media posterior del brazo entre los procesos acromion y olecranon con el brazo colgando al costado; 2) pliegue oblicuo subescapular en el ángulo inferior; 3) pliegue vertical iliaco en la línea axilar media por encima de la protuberancia de la cresta iliaca; 4) pliegue vertical en el abdomen a una pulgada a la derecha del ombligo; 5) pliegue vertical del muslo en el punto medio entre la rodilla y la cadera. Se utilizó el promedio de 3 de 5 mediciones separadas.

Las ecuaciones de regresión basadas en circunferencias y pliegues son igual de precisas para calcular la densidad corporal (Katch y McArdle, 1973), que por cuestiones de protocolo, para el presente estudio se seleccionó la fórmula de pliegues.

De la investigación realizada por Sloan en 1967 se desarrolló una fórmula para determinar la densidad corporal de hombres jóvenes. Para esto se evaluaron a 50 estudiantes jóvenes, masculinos, blancos, saludables y con una edad de entre 18 y 26 años, todos estudiantes de medicina o ciencias pertenecientes a la universidad de Cape Town, en Sudáfrica.

Se evaluaron 7 pliegues cutáneos del lado derecho utilizando el plicómetro perteneciente al laboratorio de nutrición medica de la armada de EUA. Los pliegues medidos fueron; a) muslo- tomando el pliegue vertical en la línea media de la parte anterior del muslo a la mitad del pliegue inguinal hasta la parte alta de la patela, b) abdomen- tomando el pliegue horizontal de la pared anterior del abdomen entre el ombligo y la línea media axilar, c) iliaca- se tomó el pliegue vertical sobre la cresta iliaca en la línea media axilar, d) pecho- se tomó el pliegue de manera oblicua en el punto medio entre pezón y el pliegue axilar anterior en la línea que los une, e) escapula- se tomó el pliegue que corre hacia abajo y lateralmente a aproximadamente 30° en vertical desde el ángulo inferior de la escapula, f) brazo- tomando el pliegue vertical en la línea media posterior del brazo en

el punto medio entre los procesos acromion y olecranon, y g) glúteo- tomando el pliegue horizontal del glúteo en la línea media posterior del muslo justo por debajo del pliegue del glúteo. Las lecturas se realizaron a partir de las medias de tres mediciones (Sloan, 1967).

El pliegue del muslo obtuvo la correlación individual más elevada con la densidad corporal y la correlación múltiple más elevada de dos pliegues con la densidad fue dada por el pliegue de muslo y el de la escapula. La ecuación de regresión múltiple es dada como predicción de la densidad corporal a partir de estas mediciones de pliegues (Sloan, 1967).

El desarrollo de la fórmula para el cálculo de la densidad corporal por Wilmore y Behnke en 1969, evaluó a 133 estudiantes normales y saludables que asistían a la Universidad de California, Berkeley. Se tomaron dos mediciones antropométricas para cada sujeto en un total de 54 sitios, incluyendo 7 pliegues, 20 diámetros, 25 circunferencias, talla y peso corporal total. Cuando existía una diferencia mayor al 1% entre la primera y la segunda medición del sitio, una tercera medida era tomada. La media de las dos mediciones fue aceptada como valor representativo para cada sitio. Cuando la tercera medición es necesaria, la media de las dos mediciones más cercanas era aceptada como valor representativo.

Los pliegues se tomaron en el lado dominante del cuerpo usando el plicómetro Lange con una presión de 10 g/mm². Las marcas anatómicas para los sitios seleccionados para la toma de pliegues fue la siguiente:

- Escapula: ángulo inferior de la escapula con el pliegue corriendo de manera paralela al borde axilar.
- Tríceps: en el punto medio entre los procesos acromion y olecranon en la parte posterior del brazo, con el brazo posicionado horizontalmente, con el pliegue corriendo de manera paralela a la longitud del brazo.
- Midaxilar: pliegue vertical en la línea axilar media aproximadamente al nivel de la quinta costilla.
- Abdominal: pliegue horizontal adyacente al ombligo.

- Muslo: pliegue vertical en la parte anterior del muslo en el punto medio entre la cadera y la articulación de la rodilla.
- Rodilla: pliegue vertical en el punto medio de la patela.

Todos los pliegues y circunferencias, excepto por las extremidades superiores, se midieron con el sujeto en posición erguida. Un análisis de regresión de los datos indicó que la densidad corporal se puede predecir a partir de 2 y 5 mediciones antropométricas. Los resultados indicaron que la precisión predictiva máxima se obtiene solo cuando las ecuaciones son aplicadas a poblaciones que son similares a aquellas que de las cuales se derivaron las ecuaciones originales (Wilmore y Behnke, 1969).

En el caso de las ecuaciones para la estimación de la grasa corporal (**tabla 1.2**), aquellas propuestas en años más recientes utilizaron métodos de referencia como el DEXA (García et al., 2005), mientras que en la demás se utilizó el pesaje hidrostático como comparativo.

Tabla 1.2

Fórmulas de grasa corporal

Autor y año	Fórmula
Carter (1982)	$0.1051 (Tr + Sbe + Spe + Abd + M + P) + 2.585$
Deurenberg (1991)	$1.20 \times IMC + 0.23 \times edad - 10.8 \times sexo - 5.4$
García (2005)	$(Cin \times 0.397) + (6.568 [\log Tr + \log Sbe + \log Abd]) - 40.75$
Siri (1956)	$[(4.95 / D) - 4.5] (100)$
Slaughter (1988)	$(0.735) (Tr + P) + 1.0$
Stewart (2000)	$(331.5 \times Abd) + (356.2 \times M) + (111.9 \times BM) - 9108$
Parizkova y Buzkova (1971)	$0.868 + 0.395 \times Tri + 0.824 \times Sbe$

Tr= Tríceps (mm); Sbe= Subescapular (mm); Spe= Supraespinal (mm); Abd= Abdominal (mm); M= Muslo (mm); P= Pierna (mm); IMC= Índice de masa corporal (kg/m²); Cin= Cintura (cm); D= Densidad; Sexo= hombres es igual a 1.

Carter (1982) realizó su trabajo en 282 atletas masculinos de 12 disciplinas deportivas y 140 atletas mujeres de 5 disciplinas deportivas que participaron en los juegos olímpicos de Montreal de 1976. Las comparaciones se realizaron entre los atletas y el grupo de referencia con estudiantes canadienses, 153 masculinos y 94 femeninas.

Seis pliegues fueron tomados con el plicómetro Harpenden, tres en los sitios de los miembros (tríceps, muslo frontal, pantorrilla media), y tres en los sitios del tronco (subescapular, suprailíaca anterior, umbilical). Todos los pliegues fueron tomados del lado derecho a excepción del pliegue umbilical. La sumatoria de los seis pliegues fue utilizada como indicador general de la grasa subcutánea y la grasa corporal total para obtener dos ecuaciones de regresión lineal para cada sexo (Carter, 1982).

Deurenberg y colaboradores (1991) deciden crear una fórmula que tome en cuenta los valores del Índice de Masa Corporal (IMC), edad y sexo para estimar el porcentaje de grasa corporal. Para esto se obtuvieron datos de 1229 sujetos saludables (521 masculinos y 708 femeninos), con un rango de edad de 7-83 años, un porcentaje de grasa de 5 a 50% y un IMC de 13.9 a 40.9 kg/m². La muestra se dividió en 9 grupos por edades.

El peso se midió lo más aproximado a los 0.05 kg con una báscula digital y la talla se evaluó por medio de un medidor de estatura microtoise con valores lo más cercanos al 0.001 m. Los valores de porcentaje de grasa estimados por la fórmula fueron comparados con los obtenidos a través del pesaje hidrostático (Deurenberg et al., 1991).

En el 2005, García y colaboradores evaluaron a 117 alemanes saludables, 46 hombres y 71 mujeres, de entre 26 y 67 años, esto con el fin de desarrollar una mejor ecuación de regresión predictiva para estimar el contenido de grasa corporal a partir de medidas antropométricas comunes. Todas las mediciones se realizaron de acuerdo con un procedimiento antropométrico estandarizado (Fidanza, 1991). El peso corporal se tomó después de una noche de ayuno y con una báscula electrónica calibrada lo más cercano al 0.1 kg. La talla se evaluó con un antropómetro GPM lo más cercano a 0.1 cm. Las circunferencias de la cintura, cadera y muslo se determinaron con una cinta blanda lo más cercana a 0.1 m. Los diámetros (pecho, codo, rodilla, muñeca y tobillo) y la profundidad del pecho fueron medidos usando una pinza generalizada. Los pliegues cutáneos se midieron con un plicómetro Lange lo más cercano a 0.1 mm.

Los pliegues se tomaron en los siguientes sitios: pliegue de barbilla en el pliegue submental concéntrico a la barbilla en forma paralela al eje longitudinal del cuerpo; 1) pliegue de bíceps, en la parte frontal en la zona superior del brazo, sobre el vientre

muscular del bíceps braquial en forma paralela al eje longitudinal de la zona superior del brazo; 2) pliegue de tríceps, en el punto medio de la parte posterior de la parte superior del brazo entre las puntas de los procesos olecranon y acromial de manera paralela al eje longitudinal de la parte superior del brazo; 3) pliegue subescapular por debajo del ángulo inferior de la escapula, a 45° de la vertical, a lo largo de la líneas naturales de la piel; 4) pliegue de pecho en la línea anterior axilar, al nivel de la 7ma costilla de manera paralela a la costilla; 5) pliegue abdominal, se toma de manera vertical a 5 cm lateral y al nivel del punto medio del ombligo; 6) pliegue de cadera se toma de forma vertical inmediatamente superior a la cresta iliaca en la línea midaxilar; 7) pliegue de muslo, en la parte frontal del muslo, entre el pliegue inguinal y la patela anterior, el sujeto sentado y a lo largo del eje longitudinal del fémur; 8) pliegue de rodilla de forma vertical en el muslo, directamente enfrente de la patela, el sujeto sentado y a lo largo del eje longitudinal del fémur; y 9) pliegue de pantorrilla se toma de manera vertical en la parte posterior de la pantorrilla, 5 cm por debajo del ángulo de la pierna, con el sujeto sentado y la pierna flexionada en un ángulo de 90°(García, Wagner, Hothorn, Koebnick, Zunft y Trippo, 2005).

El porcentaje de grasa se evaluó con DEXA y con las mediciones de los pliegues cutáneos de acuerdo con las ecuaciones de Durnnin y Womersley (1974) y Peterson (García et al., 2005).

Siri en su trabajo en 1956 “composición corporal a partir de espacios fluidos y densidad: análisis de métodos” en donde describe como Rathbun y Pace, utilizando el método del pesaje hidrostático, establecieron una relación cuantitativa entre la densidad y el porcentaje de grasa de conejillos de la india, esto al compararlo con un análisis químico directo. Esta expresión semiempírica derivada por estos investigadores, tiene la forma de $f = (a/d) - b$, en donde “f” es grasa corporal, “d” es la densidad corporal y “a” y “b” son las constantes empíricas. Las constantes originales para humanos, la cuales fueron relacionadas a la gravedad específica corporal en lugar de densidad, eran usadas ampliamente aun cuando contenían un error sistemático debido a que estaban basadas en un valor incorrecto de la densidad de la grasa.

Después, Brozek, Keys y Behnke propusieron valores algo diferentes basados en datos humanos más extensos, aunque indirectos, y la densidad de grasa correcta. Por esta razón, Siri realiza una revisión y un análisis a las constantes ahora propuestas por Brozek, Keys y Behnke y modifica los valores de las constantes (Siri, 1956).

En el 2000, Stewart y Hannan publican su investigación donde utilizan el DEXA como método de referencia para el desarrollo de una fórmula a partir de pliegues cutáneos. Evaluaron a 82 individuos que fueron reclutados a partir de publicidad mostrada en el centro deportivo de la universidad y contactando varios clubes deportivos locales. De estos 82 atletas universitarios o locales, 19 eran atletas internacionales.

Se les solicitó a los participantes asistir a las evaluaciones con un ayuno o realizando comida ligera el día de la evaluación, con 2 horas sin haber realizado ejercicio exhaustivo, descansados e hidratados. Para la evaluación antropométrica se utilizó una cinta antropométrica de corrección predictiva para la parte superior e inferior de los sitios en piernas y brazos; los pliegues se evaluaron con plicómetros calibrados de la marca Harpenden, de acuerdo con el procedimiento estandarizado detallados en el manual de estandarización antropométrica (Lohman, 1988): pectoral, axila, pecho, bíceps, tríceps, antebrazo, antebrazo (radial), subescapular, abdominal, supraespinal, suprailium, suprailíaca, muslo, muslo-patela, pantorrilla proximal, pantorrilla y pantorrilla media. Todas las mediciones se tomaron en el lado derecho del cuerpo por el mismo antropometrista (Stewart y Hannan, 2000).

Para el desarrollo de su fórmula, en 1988, Slaughter y colaboradores incluyeron una muestra de 310 sujetos pertenecientes a 4 grupos femeninos y masculinos, negros y blancos con diferentes niveles de maduración. Estos eran 50 masculinos y 16 femeninos pre púberes (edad promedio 9.8 años); 30 masculinos y 29 femeninos púberes (edad promedio 12.2 años); 58 masculinos y 59 femeninos post púberes (edad promedio 15.8 años); y 36 masculinos y 32 femeninos adultos (edad promedio 23.1). Los niveles de maduración fueron evaluados con la escala de Tanner. Toda la muestra se obtuvo de diferentes escuelas de Arizona, participantes en el programa deportivo fitness y de la universidad de Illinois.

Se tomaron 9 pliegues cutáneos (tríceps, bíceps, subescapular, midaxilar, suprailíaco, suprailíaco anterior, muslo y pantorrilla medios) del lado derecho del cuerpo utilizando un plicómetro Harpenden. Se tomaron 3 sets de mediciones completas de manera consecutiva. La media de las 3 mediciones se usó como valor representativo para cada sitio.

Parizkova y Buzkova publican su trabajo en 1971 donde analizan la relación entre el grosor de los pliegues cutáneos y el análisis densitométrico del total de grasa corporal en hombres. A partir de este análisis desarrollan una ecuación para estimar la masa grasa y para esto evaluaron a 101 hombres jóvenes deportistas (de entre 17-40 años). Parizkova se encargó de tomar los pliegues cutáneos en las zonas del tríceps, subescapular, suprailíaco, bíceps y pantorrilla con un plicómetro Harpenden realizando las mediciones del lado derecho del cuerpo.

Los resultados de la evaluación antropométrica fueron comparados con los obtenidos por medio del pesaje hidrostático (Parizkova y Buzkova, 1971).

Respecto a la toma de pliegues, se debe tomar en cuenta que al existir variaciones en los sitios de toma de pliegue tan pequeñas como 1 cm pueden producir diferencias significativas en los resultados cuando se evalúa a un mismo sujeto. Contar con definiciones precisas para las mediciones de los sitios, adicionalmente a la estandarización de la técnica son, por lo tanto, de fundamental importancia para la aplicación de la antropometría (Ackland et al., 2012).

El uso de metodologías estandarizadas incrementa la confiabilidad de las mediciones de los pliegues cutáneos, el conocimiento de los supuestos generales es necesario para comprender sus limitaciones metodológicas, y la selección de ecuaciones que predicen la masa grasa corporal correctamente aumenta su precisión (Rodríguez et al., 2005).

En cuanto a la metodología estandarizada que se utilizó para realizar las mediciones de la población de este trabajo, se siguieron los lineamientos establecidos por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK) mencionados

en su manual 2019. Esta organización, fundada en 1986 inicialmente como el Grupo de Trabajo Internacional en Cineantropometría (IGWK), cuenta con estándares mejorados de evaluación antropométrica, que se basan en metodologías ya establecidas, y el desarrollo de un esquema de acreditación internacional, basado en el concepto de jerarquía de 4 niveles, con alto rigor y mantenimiento de la calidad (da Silva y Vieira, 2020).

De acuerdo con el protocolo ISAK, las medidas se deben de realizar del lado derecho del cuerpo, independientemente del lado dominante del individuo. Se ha realizado comparaciones de los pliegues cutáneos de ambos lados del cuerpo y no se han encontrado diferencias significativas en cuanto a su grosor y, por lo tanto, en los resultados. Antes de realizar cualquier medición, los puntos antropométricos necesarios deben ser marcados en el sujeto que se pretende evaluar. Se deben de realizar al menos dos mediciones de cada sitio antropométrico y, en caso de existir una diferencia entre las 2 primeras medidas sea mayor al 5% en pliegues o el 1% en el resto de las medidas, una tercera medición será necesaria. Si se toman 2 medidas, se utilizará el promedio como dato final de la variable. En caso de tomar 3 medidas, se utiliza la mediana (Esparza-Ros, Vaquero-Cristóbal y Marfell-Jones, 2019).

Las medidas antropométricas deben evaluarse en el orden establecido por el manual ISAK para evitar el sesgo del antropometrista, es decir, se debe realizar una primera evaluación completa antes de repetir la segunda o tercera medición. El manual recomienda no tomar las medidas después de entrenar, competencia o sauna, ya que esto puede influir en los resultados finales de las medidas.

Existen dos perfiles para la valoración antropométrica utilizados por ISAK, el perfil restringido y el completo. Para fines de este trabajo, se evaluó a los jugadores con las 21 medidas del perfil restringido, que se dividen en cuatro grandes grupos: básicos (masa corporal, talla, talla sentado, envergadura de brazos), pliegues cutáneos (tríceps, subescapular, bíceps, cresta ilíaca, supraespinal, abdominal, muslo, pierna), perímetros (brazo relajado, brazo flexionado y contraído) y diámetros (húmero, bioestiloideo, fémur). Las mediciones del perfil restringido son suficientes para poder efectuar cálculos sobre proporcionalidad, somatotipo, estimación de la composición corporal, patrones de

distribución de grasa corporal, perímetros corregidos en función de los pliegues cutáneos, índices ponderales, índices de área de superficie corporal y ratio cintura/cadera (Esparza-Ros et al., 2019).

1.6 Rendimiento deportivo y composición corporal

Varios estudios sugieren que la composición corporal esta, sin duda alguna, significativamente asociada con la actividad física en ambas poblaciones sedentaria, y especialmente en atletas elite. Es sabido que la actividad física continua tiene una gran influencia en la composición corporal, y por lo tanto es uno de los cinco mayores componentes del fitness, y salud en general de los atletas. La composición corporal de los atletas difiere en ciertas características morfológicas de aquellas personas que no están involucradas en un deporte y de los que no son físicamente activos. Los atletas también difieren entre ellos y, por lo tanto, existe un fenómeno conocido como “optimización morfológica del deporte” el cual habla de que la composición corporal definitiva del atleta dependerá del deporte que realice. Debido a esto, diferencias en la estatura y otros rasgos fuertemente correlacionados son provocados por la diversidad de los requerimientos que los atletas tienen durante los procesos selectivos. Diferencias en la grasa corporal y el porcentaje muscular en los atletas son causados por el ajuste de la composición corporal para una variedad de deportes individuales y, en el caso de deportes colectivos, por posición (Mazic, Lazovic, Delic, Suzic Lazic, Acimovic y Brkic, 2014).

Un estado de salud óptimo es un requisito para un mejor rendimiento deportivo, y la composición corporal juega un papel crítico en la salud del atleta. Además de tener un impacto negativo en el desempeño deportivo, valores poco saludables en la composición corporal están relacionados a una densidad ósea baja, disfunción menstrual, desordenes en los hábitos alimenticios y el inicio de factores de riesgo de enfermedades cardíacas. (Fields, Merrigan, White y Jones, 2018).

La composición corporal puede afectar el éxito competitivo en una variedad de esfuerzos atléticos, y debido a esto existe un interés sustancial en evaluar con precisión la composición corporal de los atletas. Además, la modulación de la composición corporal (p.ej., el incremento de masa libre de grasa y la reducción de la masa grasa) es un objetivo

de entrenamiento frecuente tanto para atletas como para no atletas. Una evaluación precisa de la composición corporal permite una evaluación adecuada del progreso y la posterior modificación de la programación de ejercicios y las estrategias nutricionales (Tinsley, Graybeal, Moore y Nickerson, 2019).

Muchos investigadores han llegado a la conclusión de que, además de las características técnicas y fisiológicas, la estructura corporal y el desempeño físico juegan un papel significativo en el grado de eficiencia y en el nivel de éxito de un deporte. El análisis del rendimiento y su relación con el físico discriminarían lo mejor de dos factores (estructura y funcionamiento) que contribuyen al rendimiento en competición (Thakur, 2016).

Generalmente, el exceso de masa grasa parece ser contraproducente para la ejecución de movimientos rápidos y saltos, reduciendo el rendimiento y aumentando las demandas de energía durante la ejecución de una determinada acción. Por el contrario, la masa magra está estrechamente relacionada con la velocidad, la fuerza, la potencia, y para la prevención de lesiones (Toselli y Campa, 2018). Se ha encontrado una correlación entre la grasa corporal con las medidas relacionadas al rendimiento como la altura del salto vertical, donde a menor masa grasa mayor es la altura del salto, y esto puede cambiar durante los periodos de pretemporada y competitivo (Papadopoulou, Zorzou, Garcia-de-Alcaraz, Rosemann, Knechtle y Nikolaidis, 2020).

Las demandas físicas puestas en los atletas pueden variar por deporte y por posición. En los deportes que requieren un alto volumen de sprints y movimientos de agilidad, los atletas exitosos pueden tener un porcentaje de grasa y masa grasa menor. Por ejemplo, los jugadores de fútbol pueden verse afectados negativamente por el exceso de grasa y una talla corporal grande ya que deben levantar su masa corporal repetidamente en contra de la gravedad para realizar carreras de alta velocidad, agilidad y saltos. Sin embargo, los jugadores de béisbol son atletas con cuerpos normalmente más grandes, probablemente debido a la alta potencia fisiológica necesaria para lograr un rendimiento óptimo (Fields et al., 2018). En el caso del voleibol, la grasa corporal puede variar dependiendo de la posición, por ejemplo es más elevada en líberos y más baja en centrales,

indicando que la adaptación de la composición corporal a las demandas específicas de un rol de juego, y por consecuencia, se asume que la distribución del tejido subcutáneo puede diferir entre las posiciones de juego (Papadopoulou et al., 2020).

El voleibol es un deporte de jugadas rápidas, caracterizado por esfuerzos intensos de corta intensidad, seguido de periodos de actividades de baja intensidad (ej.: caminar o estar de pie)(Mielgo-Ayuso et al., 2015). Además, durante un partido de voleibol, los jugadores se ven involucrados en varios movimientos deportivos, tales como; saltos defensivos y ofensivos, bloqueos, knockouts y sprints donde la potencia, la fuerza, la agilidad y la velocidad son necesarios. Como resultado de estos requerimientos, es necesario un desempeño físico óptimo (Mielgo-Ayuso et al., 2015).

Para asegurar la efectividad, en este caso en el voleibol, es necesario examinar la correlación entre las cualidades antropométricas y la eficacia en el desempeño de las habilidades básicas en el juego. Se ha encontrado una correlación positiva entre la eficacia en el ataque y la capacidad de salto, especialmente mientras se realizan cambios de dirección (Giannopoulos, Vagenas y Noutsos, 2017).

Por lo tanto, los aspectos que caracterizan principalmente a estos atletas son la capacidad de salto, fuerza y potencia. A su vez, estas ventajas se ven influenciadas por características antropométricas como la estatura, la composición corporal y componentes del somatotipo (Toselli y Campa, 2018).

La relación de la masa grasa y el porcentaje de la grasa corporal con el desempeño en el voleibol se ha identificado a lo largo de varias décadas, donde se ha observado que los jugadores de alto rendimiento tienen un bajo porcentaje de grasa. A pesar de los cambios que ha sufrido el deporte desde los años 70, se han mostrado hallazgos similares. Como ejemplo tenemos que los jugadores de voleibol de elite tienen un bajo porcentaje de grasa, los jugadores de voleibol del equipo nacional de primera división tienen un porcentaje de grasa mucho que los de tercera división, y un menor porcentaje de grasa fue encontrado en los equipos mejor rankeados pertenecientes a primera división (Papadopoulou et al., 2020).

CAPITULO II. METODOLOGÍA

2.1 Diseño

La presente investigación es un estudio de tipo descriptivo, comparativo y de corte transversal.

2.2 Población y muestra

20 jugadores varoniles pertenecientes a la selección de voleibol de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

2.3 Criterios de inclusión

Los sujetos que participaron en la presente investigación debían:

- Estar de acuerdo y firmar el consentimiento informado.
- Pertenecer a la selección de voleibol varonil de la UANL.
- Presentarse a ambas evaluaciones.

2.4 Criterios de exclusión

Aquellos jugadores que no estuvieran entrenando por motivo de lesión o enfermedad o con 25 años cumplidos antes del mes de mayo.

2.5 Criterios de eliminación

Aquellos que no firmaran el consentimiento informado o decidieran retirarse durante el estudio.

2.6 Consideraciones éticas

Se explicó de manera verbal en una junta previa a todo el equipo, incluyendo entrenadores y preparadores físicos, sobre las pruebas que habrían de realizarse, el motivo y las fechas del estudio. Antes de iniciar la evaluación antropométrica, se le informó a cada jugador en que consistiría la evaluación antropométrica de manera verbal y se les

proporcionó un consentimiento informado donde se menciona el procedimiento que se llevaría a cabo (evaluación antropométrica bajo criterio ISAK y DEXA) el cual debían firmar.

2.7 Equipo e instrumentación

Se utilizó el siguiente equipo e instrumentos para la determinación de los parámetros antropométricos:

- Estadiómetro: con una amplitud de medida de 60 a 220cm y un listón móvil de mínimo 6 cm. Se utilizó un estadiómetro de la marca SECA modelo 213 con una precisión 0.1 cm.
- Báscula: mecánica de la marca SECA 700 con una precisión de 0.1 kg.
- Plicómetro: marca Harpenden, Baty International, de una presión constante de 10 g/mm², graduación de 0.2 mm y un rango de medición de 0-80 mm.
- Segmómetro: cinta de acero de aproximadamente 150 cm de largo y 15 mm de ancho que cuenta con dos ramas rectas de aproximadamente 8 cm de largo. Se utilizó el de la marca Smarmet precisión 0.1 cm
- Antropómetro de ramas cortas: escala de 15 cm con ramas de 10 cm de largo y una cara de aplicación de 1.5 cm de ancho de la marca Smarmet precisión de 0.1 cm.
- Banco antropométrico: cajón de madera con medidas de 50 cm x 40 cm x 30 cm.
- Cinta antropométrica: Cinta retráctil de acero flexible de la marca Lufkin modelo w606pm con una anchura de 7mm, 2m de longitud y con aproximadamente 4cm de zona libre de graduación.

Para la evaluación con DEXA:

- Lunar Prodigy (falta modelo y fan beam)

2.8 Procedimiento

Se llevó a cabo una breve reunión con el entrenador en jefe de la selección de la UANL de voleibol varonil para hablarle sobre el estudio y el objetivo, así como solicitar su autorización y pedir su apoyo para que sus jugadores se presentaran en tiempo y forma

a las evaluaciones. Las fechas de las evaluaciones fueron agendadas dentro de un periodo de dos semanas, debido a que algunos jugadores tuvieron que reagendar su fecha de evaluación.

Junta previa: se realizó una junta con los jugadores y entrenadores presentes para describir el procedimiento de las evaluaciones, el objetivo y mencionar las fechas de evaluación. En el caso del consentimiento informado se realizó de manera verbal en junta y de forma escrita el día de las evaluaciones.

Evaluación antropométrica: esta se llevó a cabo en el laboratorio de rendimiento humano de la Facultad de Organización Deportiva entre las 7 de la mañana y las 12 del día. Se les solicitó a los jugadores llegar en ayunas, sin haber realizado actividad física ese día, con ropa ligera que permitiera realizar todas las mediciones. La evaluación antropométrica se realizó de acuerdo con el protocolo internacional para la valoración antropométrica (2019) descrito en el manual de la Sociedad Internacional para el Avance en la Cineantropometría (ISAK). Las mediciones se llevaron a cabo por un evaluador acreditado nivel 3 y se contó con la ayuda de un anotador

Evaluación DEXA: se realizó en el laboratorio de rendimiento humano de la Facultad de Organización Deportiva justo al finalizar la evaluación antropométrica de cada jugador. Se le solicitó a cada uno retirar la mayor cantidad de ropa posible y el técnico encargado los posicionó en la cama de escaneo de acuerdo con los lineamientos sugeridos por la ISCD.

Estimación del porcentaje de grasa: para la estimación se utilizaron las fórmulas mencionadas en las tablas 1.1 y 1.2. Los valores de porcentaje de grasa que se utilizaron como control se obtuvieron a partir del análisis arrojado con el software enCORE.

2.9 Análisis estadístico

La captura y organización de los datos se realizó en el programa Microsoft Excel versión 2019 para Windows y el análisis estadístico se llevó a cabo en el programa de GraphPad Prism versión 9.1.0 para Windows (GraphPad Software, San Diego, California USA). Inicialmente, se calculó la media del porcentaje de grasa de las fórmulas

mencionadas en la tabla 1.1 y 1.2, posteriormente, se determinó la distribución de los porcentajes de grasa obtenidos por las fórmulas antropométricas y DEXA a través de la prueba de Shapiro-Wilk. Seguido de esto se realizó una prueba post-hoc de Kruskal-Wallis que compara que rangos son iguales o diferentes con respecto al control (DEXA).

Para visualizar los datos en conjunto se realizaron gráficos de Bland-Altman. Para todos los análisis estadísticos se consideró un nivel de significancia de $p < .05$.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Para fines de este trabajo, se obtuvieron datos antropométricos de 21 jugadores masculinos pertenecientes a la selección universitaria de la UANL; en la **tabla 2.1** se muestran solamente los datos utilizados para la estimación del porcentaje de grasa obtenidos a través del protocolo de perfil restringido de ISAK. Los porcentajes de grasa obtenidos con las fórmulas de densidad corporal/porcentaje de grasa se muestran en la **tabla 2.2**.

Tabla 2.1

Características antropométricas de los jugadores de la selección de voleibol varonil TIGRES UANL

Características generales	Valor promedio (n=21)	Min – Max
Edad (años)	20.45 ± 1.28	18 – 23
Peso (kg)	82.25 ± 11.31	66.9 – 103.2
Talla (cm)	185.49 ± 9.12	171.5 – 201.6
IMC (kg/m ²)	23.85 ± 2.27	18.80 – 28.55
Tríceps (mm)	9.04 ± 3.11	5.2 – 16.7
Subescapular (mm)	12.02 ± 2.94	7.6 – 17.2
Bíceps (mm)	5.08 ± 1.76	3 – 9.8
Cresta Iliaca (mm)	17.63 ± 5.79	9.7 – 32.5
Supraespinal (mm)	11.95 ± 3.79	5.8 – 18.6
Abdominal (mm)	19.99 ± 5.76	7.8 – 29.8
Muslo Anterior (mm)	10.12 ± 4.60	5.1 – 23
Pantorrilla (mm)	8.13 ± 3.40	4.1 – 15.2
Cintura (cm)	82.44 ± 5.62	75.65 – 96.35

Los valores promedio se muestran ± desviaciones estándar.

IMC: Índice de Masa Corporal.

Posterior a la estimación del porcentaje de grasa, los datos se analizaron para detectar diferencias estadísticas entre el porcentaje de grasa de las fórmulas y el obtenido por DEXA (control). Se determinó que las fórmulas que no presentaban diferencias fueron las de Deurenberg, Slaughter, Wilmore y Behnke, Durnin-Womersley y Durnin-Rahaman; las dos primeras estiman de forma directa el porcentaje de grasa, mientras que las tres fórmulas restantes estiman la densidad corporal (para después calcular el porcentaje a través de la fórmula de Siri). Al no exhibir diferencias estadísticas, indican

que estas fórmulas estiman porcentajes de grasa muy similares a DEXA lo cual se confirma con los valores promedio de sesgo y sus intervalos (**tabla 2.2**). Con respecto a las fórmulas restantes, se tiene que en general subestiman los valores promedio de grasa corporal y debido a su dispersión, fue imposible determinar intervalos de confianza.

Tabla 2.2

Estimación de grasa corporal con fórmulas antropométricas y DEXA

Métodos de estimación de grasa corporal	Porcentaje de grasa corporal (kg)	Sesgo (%)	Intervalo	Valor de <i>p</i>
Sloan + Siri	10.44 ± 3.56	8.834 ± 2.494	N/A	<0.0001
Wilmore y Behnke + Siri	15.03 ± 2.59	4.239 ± 1.708	0.00 – 9.892	0.0820
Katch y McArdle + Siri	12.71 ± 3.01	6.558 ± 1.678	0.00 – 0.905	0.0001
Durnin-Womersley + Siri	17.63 ± 3.31	1.637 ± 1.959	0.00 – 15.06	>0.9999
Durnin-Rahaman + Siri	16.71 ± 3.30	2.563 ± 1.957	0.00 – 11.84	>0.9999
Carter	7.96 ± 1.51	11.31 ± 2.294	0.00 – 2.859	<0.0001
Deurenberg	17.12 ± 2.74	2.148 ± 3.111	0.00 – 16.66	>0.9999
García	13.58 ± 4.01	5.694 ± 2.547	N/A	0.0023
Slaughter	20.83 ± 4.56	-1.560 ± 2.570	0.00 – 18.64	>0.9999
Stewart	12.36 ± 3.66	6.906 ± 1.825	N/A	<0.0001
Perizkova y Buzkova	14.34 ± 3.40	4.931 ± 2.466	0.00 – 5.813	0.0094
DEXA	19.27 ± 3.59	N/A	N/A	N/A

Prueba de comparaciones múltiples Kruskal-Wallis con prueba post-hoc de Dunn; $p < 0.05$.

Los valores están expresados en medias ± desviación estándar muestral.

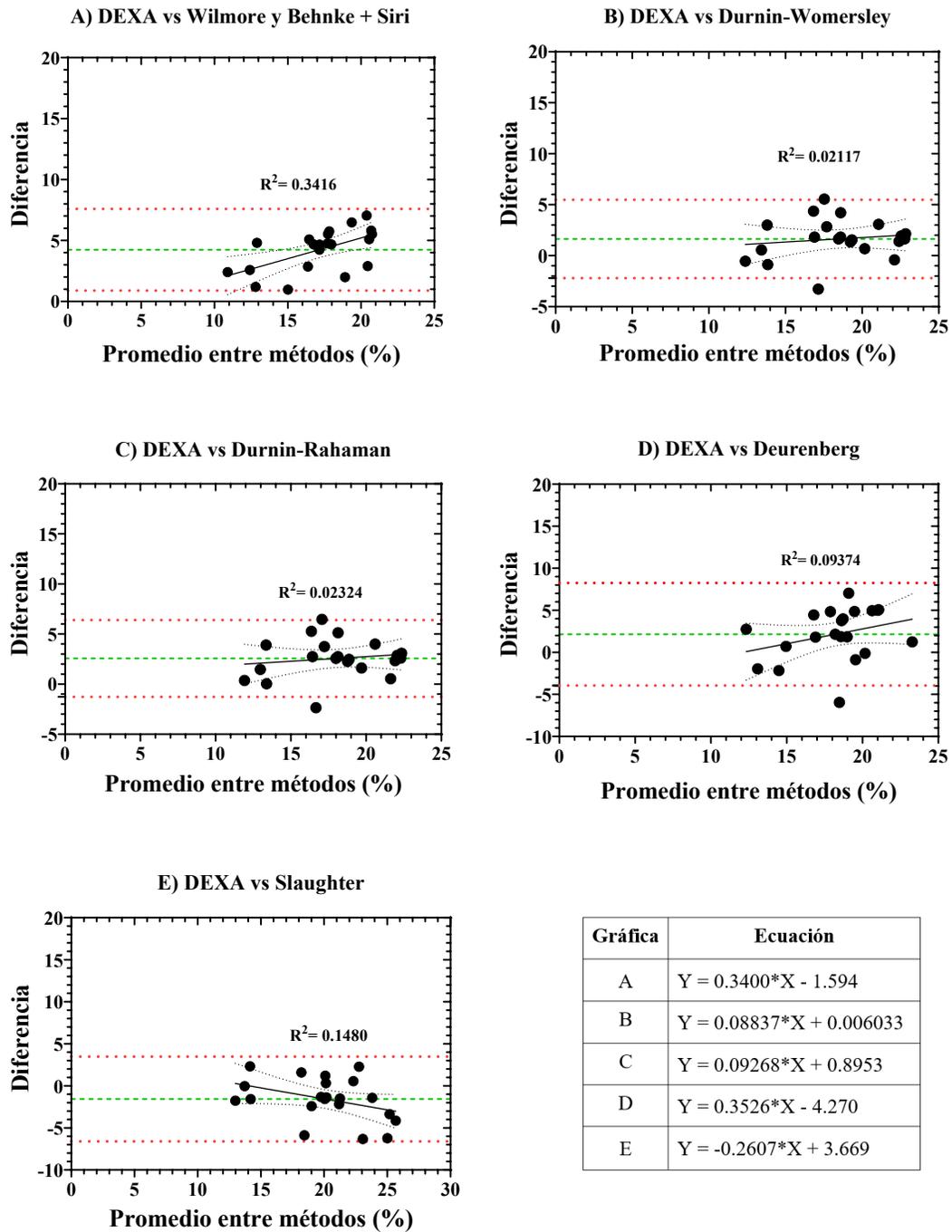
Sesgo: valores de % de grasa por DEXA menos los valores de las ecuaciones de grasa.

DEXA: Absorciometría Dual de Rayos X.

Posterior a la identificación de las fórmulas que estiman de manera más exacta el porcentaje de grasa se realizó un análisis gráfico de la dispersión de datos y la diferencia entre métodos con gráficos de Bland-Altman que se muestran en la **figura 1**. Los gráficos Bland-Altman de las fórmulas significativas (no utilizadas en la **figura 1**) se pueden observar en el **anexo D**.

Figura 1

Comparación de los porcentajes de grasa obtenidos por fórmulas antropométricas y DEXA



Nota: Los gráficos Bland-Altman muestran la dispersión de los valores encontrados por las fórmulas con respecto al DEXA. La línea punteada central representa la diferencia entre métodos, mientras que la línea superior e inferior representan los límites de concordancia en un 95%. La tabla muestra las ecuaciones obtenidas a partir de la regresión entre la diferencia de la media y métodos.

Como se puede observar en la **figura 1** se tiene que solamente dos de estas fórmulas poseen un comportamiento con respecto al DEXA casi iguales o muy cercanas a cero, lo cual las hace buenas candidatas para determinar el valor de grasa corporal con respecto al DEXA. Con respecto a las fórmulas restantes se observa que sus pendientes son diferentes a cero, y se podría inferir que esta tendencia en los datos subestima o sobrestima el porcentaje de grasa.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN

En este apartado se discutirán los objetivos que se determinaron para llevar a cabo esta investigación.

Varios estudios han sugerido que la composición corporal se asocia de manera significativa con la actividad física (Mazic et al., 2014) que , además de tener un impacto negativo en el desempeño deportivo, tener valores poco saludables en la composición corporal se relaciona con disfunción menstrual, desórdenes alimenticios, baja densidad ósea y puede ser represar el inicio de factores de riesgo de enfermedades cardiacas (Fields et al., 2018). Por estas razones y debido al impacto que puede tener en el éxito competitivo, existe un interés sustancial en evaluar de manera precisa la composición corporal de los atletas (Tinsley et al., 2019).

Existen diferentes métodos para la estimación de la composición corporal teniendo como métodos de referencia el pesaje hidrostático, el desplazamiento de aire, agua doblemente marcada y la absorciometría dual de rayos X (DEXA) (Romero et al., 2009). Sin embargo, estos métodos no son adecuados para su uso en la práctica en campo; por el contrario, la antropometría es uno de los métodos más utilizados en investigaciones de campo, como el deporte, esto cuando no es posible utilizar un aparato más sofisticado para evaluar la composición corporal en el área donde se van a realizar las pruebas o el

desplazamiento del grupo de evaluados hasta el laboratorio es complicado (Costa et al., 2015).

Los resultados arrojados en esta investigación indican que en 5 (Deurenberg, Slaughter, Durnin-Womersley, Durnin-Rahaman y Wilmore & Behnke) de las 11 fórmulas analizadas no existen diferencias significativas al compararla con DEXA; sin embargo, todas subestimaron el porcentaje de grasa. Esto puede deberse a que la población de la muestra difiere (en edad, nivel de actividad física y raza) del de las ecuaciones analizadas, así como los sitios de pliegues o el instrumento con el que se evaluaron (plicómetro).

En el estudio realizado por García y colaboradores en el 2015 donde evaluaron la masa grasa en 43 futbolistas de alto rendimiento (16.9 ± 1.3 años, 70.3 ± 6.9 kilos, 175 ± 7 cm) a través de antropometría y DEXA, encontraron que los valores de grasa obtenidos a partir de las ecuaciones de Faulkner y Slaughter, además de las ecuaciones para estimar la densidad (y después la masa grasa a través de la ecuación de Brozek) de Wilmore-Benke, Jackson-Pollock, Withers y Durnin-Womersley no mostraron diferencias significativas al comparar sus resultados con los de masa grasa obtenidos del DEXA.

De entre las ecuaciones evaluadas en el estudio, la ecuación de Durnin-Womersley es la que tiene una menor diferencia en la magnitud del porcentaje calculado con la evaluación realizada por DEXA (García et al., 2015).

De acuerdo con la investigación realizada por Fonseca-Junior y colaboradores en el 2017 buscaban analizar la validez de ecuaciones predictivas basadas en pliegues cutáneos comparándola con DEXA. Se evaluaron 51 atletas adolescentes de pentatlón moderno (hombres y mujeres) utilizando las fórmulas de Slaughter, Durnin-Rahaman, Durnin-Womersley, Siri, Weststrate-Deurenberg y Deurenberg.

Los resultados que se obtuvieron con los varones muestran que no existen diferencias significativas entre DEXA y los porcentajes de grasa obtenidos con las fórmulas de Slaughter, Durnin-Rahaman y Deurenberg (Fonseca-Junior et al., 2017), lo cual concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio. A diferencia de lo observado en nuestra población, las ecuaciones del estudio de Fonseca y colaboradores

sobrestimaron el porcentaje de grasa de los pentatletas lo que podría deberse a la diferencia de edades de las muestras.

En el estudio elaborado por Romero y colaboradores en 2009, se compararon los resultados obtenidos con DEXA contra las estimaciones del porcentaje de grasa calculados a partir de ecuaciones que usan pliegues cutáneos en escaladores elite para conocer su concordancia. Para esto se evaluaron a 19 atletas (9 mujeres y 10 hombres) con una edad media de 29.9 años. Utilizaron 17 fórmulas antropométricas para calcular el porcentaje de grasa.

Sus resultados muestran que se observó una diferencia significativa entre métodos en todas las fórmulas a excepción de la de Durnin-Womersley, lo cual concuerda con los resultados encontrados en el presente estudio siendo también esta fórmula la más precisa para estimar la grasa corporal en la población evaluada en el presente trabajo (Romero et al., 2009).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

Como conclusiones de este trabajo, se aporta lo siguiente:

- De las 11 fórmulas analizadas, se recomiendan la de Durnin-Womersley o Durnin-Rahaman para evaluar el porcentaje de grasa de los jugadores de la selección varonil de voleibol de la UANL.
- No existen fórmulas específicas para jugadores de voleibol.
- El protocolo para la evaluación con DEXA en jugadores de talla alta se debe modificar para futuros estudios.

Limitaciones

Para elaborar este trabajo se utilizaron las evaluaciones de DEXA como control ya que se considera un estándar de oro para estimar la composición corporal. Se sugiere utilizar protocolos más adecuados para evaluar a sujetos con una talla que supere a la de la mesa de evaluaciones del equipo.

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.
- Alvero, J., Cabañas, M., Herrero, Á., Martínez, L., Moreno, C., Porta, J., Sillero, M., & Sirvent, J. (2009). Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Documento de conenso del grupo español de cineantropometría de la federación española de medicina del deporte. *Archivos de Medicina Del Deporte*, 26(131), 166–179.
- Aparecida, E., Silva, L., Noll, M., Azevedo, H., & Oliveira, C. De. (2020). Body fat percentage prediction in older adults : Agreement between anthropometric equations and DXA. *Clinical Nutrition*, 40(4), 2091–2099. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.09.032>
- Barbieri, D., Zaccagni, L., Babic, V., Rakovac, M., Misigoj-Durakovic, M., & Gualdi-Russo, E. (2017). Body composition and size in sprint athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(9), 1142–1146. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.06925-0>
- Bazzocchi, A., Ponti, F., Albisinni, U., Battista, G., & Guglielmi, G. (2016). DXA: Technical aspects and application. *European Journal of Radiology*, 85(8), 1481–1492. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2016.04.004>
- Carter, J. E. L. (1982). Body Composition of Montreal Olympic Athletes. *Medicine Sport*, 16, 107–116.
- Ceniccola, G. D., Castro, M. G., Piovacari, S. M. F., Horie, L. M., Corrêa, F. G., Barrere, A. P. N., & Toledo, D. O. (2018). Current technologies in body composition assessment: advantages and disadvantages. *Nutrition*, 62, 25–31. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2018.11.028>
- Costa, O., Alonso-Aubin, D., Patrocinio, C., Candia-Luján, R., & de Paz, J. (2015). Métodos de evaluación de la composición corporal : una revisión actualizada de descripción ,

aplicación , ventajas y desventajas. *Archivos de Medicina Del Deporte*, 32(6), 387–394.

Deurenberg, P., & Deurenberg-Yap. (2003). Validity of body composition methods across ethnic population groups. *Acta Diabetologica*, 40, 246–249.

<https://doi.org/10.1007/s00592-003-0077-z>

Deurenberg, P., Weststrate, J., & Seidell, J. (1991). Body mass index as a measure of body fatness : age- and sex- specific prediction formulas. *British Journal of Nutrition*, 65, 105–114.

Durnin, B., & Womersley, J. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness : measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British Journal of Nutrition*, 32, 77–97.

Durnin, G. A., & Rahaman, M. (1967). The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness. *British Journal of Nutrition*, 21, 681.

Esparza-Ros, F., Vaquero-Cristóbal, R., & Marfell-Jones, M. (2019). *Protocolo internacional para la valoración antropométrica* (1a edición). Sociedad Internaonal para el Avance de la Cineantropometría.

Evans, E. M., Prior, B. M., & Modlesky, C. M. (2005). A mathematical method to estimate body composition in tall individuals using DXA. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(7), 1211–1215. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000170077.87301.65>

Evans, E. M., Rowe, D. A., Misic, M. M., Prior, B. M., & Arngrímsson, S. Á. (2005). Skinfold prediction equation for athletes developed using a four-component model. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(11), 2006–2011. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000176682.54071.5c>

Fidanza, F. (1991). Nutritional Status Assessment. A manual for population studies. *Molecular Nutrition & Food Research*, 36(4), 425–426.

Fields, J. B., Merrigan, J. J., White, J. B., & Jones, M. T. (2018). Body composition variables by sport and sport-position in elite collegiate athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(11), 3153–3159.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002865>

- Fonseca-Junior, S. J., Oliveira, A. J., Loureiro, L. L., & Pierucci, A. P. T. (2017). Validity of skinfold equations, against dual-energy x-ray absorptiometry, in predicting body composition in adolescent pentathletes. *Pediatric Exercise Science*, 29(2), 285–293.
- Fosbøl, M. O., & Zerahn, B. (2015). Contemporary methods of body composition measurement. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 35(2), 81–97.
<https://doi.org/10.1111/cpf.12152>
- García, A. L., Wagner, K., Hothorn, T., Koebnick, C., Zunft, H. F., & Trippo, U. (2005). Improved Prediction of Body Fat by Measuring Skinfold Thickness , Circumferences , and Bone Breadths. *Obesity Research*, 13, 626–634.
- García, N., Zapata, D., Sáez, C., Yáñez, R., & Peñailillo, L. (2015). Valoración de la masa grasa en futbolistas jóvenes de alto rendimiento : comparación de métodos antropométricos con absorciometría dual de rayos X (DEXA). *Archivos de Medicina Del Deporte*, 32(4), 208–214.
- Giannopoulos, N., Vagenas, G., & Noutsos, K. (2017). Somatotype , Level of Competition , and Performance in Attack in Elite Male Volleyball. *Journal of Human Kinetics*, 58(1), 131–140. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0082>
- Hamada, N., & Fujimichi, Y. (2014). Classification of radiation effects for dose limitation purposes : history , current situation and future prospects. *Journal of Radiation Research*, 55(4), 629–640. <https://doi.org/10.1093/jrr/rru019>
- Healthcare, G. (2010). *Lunar enCORE-based X-ray Bone Densitometer User Manual*. GE Medical Systems Lunar.
- Katch, F. I., & McArdle, W. D. (1973). Prediction of Body Density from Simple Anthropometric Measurements in College-Age Men and Women. *Human Biology*, 45(3), 445–455.
- Kuriyan, R. (2018). Body composition techniques. *Indian Journal of Medical Research*, 148(5), 648–658. <https://doi.org/10.4103/ijmr.IJMR>

- Lemos, T., & Gallagher, D. (2017). Current body composition measurement techniques. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes*, 24(5), 310–314. <https://doi.org/10.1038/s41395-018-0061-4>.
- Martín-Matillas, M., Valadés, D., Hernández-Hernández, E., Olea-Serrano, F., Sjöström, M., Delgado-FERNÁNDEZ, M., & Ortega, F. B. (2014). Anthropometric, body composition and somatotype characteristics of elite female volleyball players from the highest Spanish league. *Journal of Sports Sciences*, 32(2), 137–148. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.809472>
- Mazic, S., Lazovic, B., Marina, D., Suzic Lazic, J., Acimovic, T., & Brkic, P. (2014). BODY COMPOSITION ASSESSMENT IN ATHLETES: A SYSTEMATIC REVIEW. *Medicinski Pregled*, 67(7–8), 255–260. <https://doi.org/10.2298/MPNS1408255M>
- Messina, C., Albano, D., Gitto, S., Tofanelli, L., Bazzocchi, A., Olivieri, F. M., Guglielmi, G., & Sconfienza, L. M. (2020). Body composition with dual energy X-ray absorptiometry : from basics to new tools. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, 10(8), 1687–1698. <https://doi.org/10.21037/qims.2020.03.02>
- Mielgo-Ayuso, J., Calleja-González, J., Clemente-Suárez, V. J., & Zourdos, M. C. (2015). Influencia de la composición corporal en el rendimiento físico de jugadoras de voleibol en función de su posición de juego. *Nutricion Hospitalaria*, 31(2), 849–857. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.2.7658>
- Moon, J. R. (2013). Body composition in athletes and sports nutrition: An examination of the bioimpedance analysis technique. *European Journal of Clinical Nutrition*, 67, S54–S59. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2012.165>
- Müller, M., Braun, W., Pourhassan, M., Geisler, C., & Bosy-Westphal, A. (2016). Application of standards and models in body composition analysis. *Proceedings of the Nutrition Society*, 75(2), 181–187. <https://doi.org/10.1017/S0029665115004206>
- Nana, A., Slater, G. J., Hopkins, W. G., & Burke, L. M. (2012a). Effects of Daily Activities on Dual-Energy X-ray Absorptiometry Measurements of Body Composition in Active People. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(1), 180–189.

<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318228b60e>

- Nana, A., Slater, G. J., Hopkins, W. G., & Burke, L. M. (2012b). Techniques for undertaking dual-energy X-ray absorptiometry whole-body scans to estimate body composition in tall and/or broad subjects. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 22(5), 313–322. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.22.5.313>
- Nana, A., Slater, G. J., Stewart, A. D., & Burke, L. M. (2014). Methodology Review: Using Dual-Energy X-Ray Absorptiometry (DXA) for the Assessment of Body Composition in Athletes and Active People. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 25(2), 198–215.
- Norton, K., & Olds, T. (1996). *Antropometrica* (J. C. Mazza (ed.); 1st ed., Issue November). BIOSYSTEM.
- Papadopoulou, S. D., Zorzou, A., Garcia-de-Alcaraz, A., Rosemann, T., Knechtle, B., & Nikolaidis, P. T. (2020). Subcutaneous Adipose Tissue in Female Volleyball Players : Is It Related with Performance Indices ? *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, 56(4), 159.
- Parizkova, J., & Buzkova, P. (1971). RELATIONSHIP BETWEEN SKINFOLD THICKNESS MEASURED BY HARPENDE CALIPER AND DENSITOMETRIC ANALYSIS OF TOTAL BODY FAT IN MEN. *Human Biology*, 43(1), 16–21.
- Petak, S., Barbu, C. G., Yu, E. W., Fielding, R., Mulligan, K., Sabowitz, B., Wu, C.-H., & Shepherd, J. A. (2013). The Official Positions of the International Society for Clinical Densitometry: Body Composition Analysis Reporting. *Journal of Clinical Densitometry*, 16(4), 489–495. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2013.08.005>
- Piñeda, A., González, Y., Álvarez, P., & Villareal, C. (2017). Selección y análisis de ecuaciones antropométricas para el cálculo de la composición corporal en adultos. *Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de La Información*, 4(7), 47–56.
- Plank, L. D. (2005). Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 8(3), 305–309.
- Rodríguez, F., Almagiá, A., & Berral, F. (2012). Regression Equation from Dual Energy X Ray Absorptiometry (DEXA) for Estimating Muscle Mass Segment. *International*

Journal of Morphology, 30(2), 550–556.

Rodríguez, G., Moreno, L. A., Blay, M. G., Blay, V. A., Fleta, J., Sarría, A., & Bueno, M. (2005a). Body fat measurement in adolescents : comparison of skinfold thickness equations with dual-energy X-ray absorptiometry. *European Journal of Clinical Nutrition*, 59, 1158–1166. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602226>

Rodríguez, G., Moreno, L. A., Blay, M. G., Blay, V. A., Fleta, J., Sarría, A., & Bueno, M. (2005b). Body fat measurement in adolescents: comparison of skinfold thickness equations with dual-energy X-ray absorptiometry. *European Journal of Clinical Nutrition*, 59(10), 1158–1166. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602226>

Romero, V. E., Ruiz, J. R., Ortega, F. B., Artero, E. G., Vicente-Rodríguez, G., Moreno, L. A., Castillo, M. J., & Gutierrez, A. (2009). Body fat measurement in elite sport climbers: Comparison of skinfold thickness equations with dual energy X-ray absorptiometry. *Journal of Sports Sciences*, 27(5), 469–477. <https://doi.org/10.1080/02640410802603863>

Santos, D. A., Gobbo, L. A., Matias, C. N., Petroski, E. L., Gonçalves, E. M., Cyrino, E. S., Minderico, C. S., Sardinha, L. B., & Silva, A. M. (2013). Body composition in taller individuals using DXA : A validation study for athletic and non-athletic populations. *Journal of Sports Sciences*, 31(4), 405–413. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.734918>

Shepherd, J., Ng, B., Sommer, M., & Heymsfield, S. B. (2016). Body Composition by DXA. *Bone*, 104, 101–105. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2017.06.010>

Silva, A. M., Heymsfield, S. B., & Sardinha, L. B. (2013). Assessing body composition in taller or broader individuals using dual-energy X-ray absorptiometry : a systematic review. *European Journal of Clinical Nutrition*, 67, 1012–1021. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2013.148>

Silva, V. S. da, & Vieira, M. F. S. (2020). International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) Global: international accreditation scheme of the competent anthropometrist. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 22(e70517), 1–6.

- Siri, W. (1956). *BODY COMPOSITION FROM FLUID SPACES AND DENSITY: ANALYSIS OF METHODS* (R. Laboratory (ed.); 1st ed.). University of California.
- Sloan, A. W. (1967). Estimation of body fat in young men. *Journal of Applied Physiology*, 23(3), 311–315.
- Stewart, A. D., & Hannan, W. J. (2000). Prediction of fat and fat-free mass in male athletes using dual X-ray absorptiometry as the reference method. *Journal of Sports Sciences*, 18, 263–274. <https://doi.org/10.1080/026404100365009>
- Thakur, G. (2016). *Correlation between physical structure and physical performance of power lifters*. 3(4), 28–29.
- Tinsley, G., Graybeal, A., Moore, L., & Nickerson, B. (2019). Fat-free Mass Characteristics of Muscular Physique Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 51(1), 193–201. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001749>
- Toselli, S., & Campa, F. (2018). Anthropometry and Functional Movement Patterns in Elite Male Volleyball Players of Different Competitive Levels. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(9), 2601–2611. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002368>
- Tovar-Galvez, M. I., González-Jiménez, E., Martí-García, C., & Schmidt-RioValle, J. (2017). Body composition in a population of school adolescents: a comparison of simple anthropometric methods and bioelectrical impedance. *Endocrinología, Diabetes y Nutrición*, 64(8), 424–431. <https://doi.org/10.1016/j.endinu.2017.05.011>
- Tur, J. A., & Bibiloni, M. D. M. (2019). Anthropometry, body composition and resting energy expenditure in human. *Nutrients*, 11(8), 14–16. <https://doi.org/10.3390/nu11081891>
- Wilmore, J., & Behnke, R. (1969). An anthropometric estimation of body and lean body weight in young men. *Journal of Applied Physiology*, 27(1), 25–31.

ANEXOS

Anexo A. Proforma antropométrica

ISAK. PROFORMA PERFIL RESTRINGIDO

Nombre Completo _____
Posición de juego _____
Fecha de medición _____
Fecha de nacimiento _____

Medición	1	2	3	MEDIA/MEDIANA
Masa Corporal				
Estatura				
Talla sentada				
Envergadura				
Tríceps				
Subescapular				
Bíceps				
Cresta Ilíaca				
Supraespinal				
Abdominal				
Muslo anterior				
Pierna medial				
Brazo relajado				
Brazo flex. & en contracción				
Cintura (mínima)				
Caderas (máxima)				
Muslo medio				
Pierna (máximo)				
Húmero				
Biestiloideo				
Fémur				

Anexo B. Evaluaciones DEXA

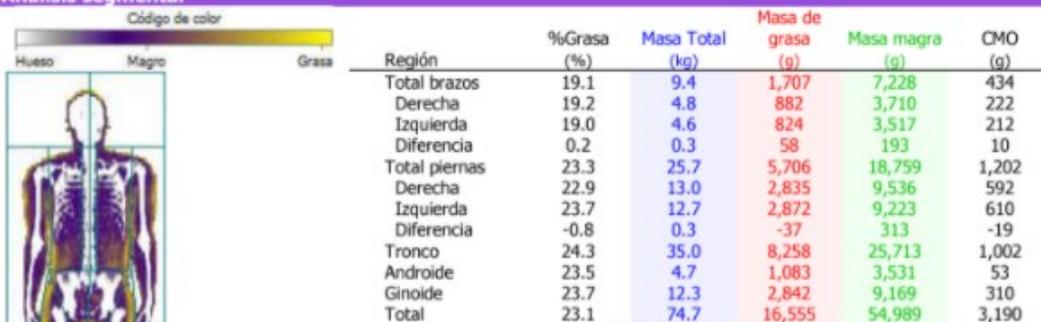


Laboratorio de Evaluación de Rendimiento Humano

Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Organización Deportiva
Teléfono: 83-29-40-00 Ext. 7670

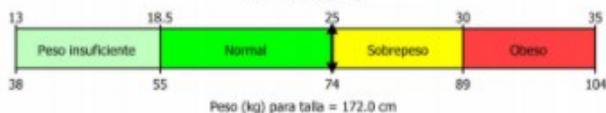
Cliente	Sexo	Origen	Fecha de nacimiento	Estatura	Peso	Medido
	Hombre	Hispano		172.0 cm	74.0 kg	17/02/2020

Análisis segmental



CMO = Contenido mineral óseo

Organización Mundial de la Salud Clasificación IMC
IMC = 25.0 (kg/m²)

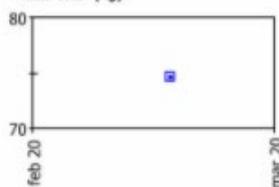


Historial de la composición corporal (Región: Total)

Fecha de medición	Masa Total (kg)	Línea base (kg)	Cambio vs. Anterior (kg)	Masa de grasa (g)	Línea base (g)	Cambio vs. Anterior (g)	Masa magra (g)	Línea base (g)	Cambio vs. Anterior (g)
17/02/2020	74.7	inicio	-	16,555	inicio	-	54,989	inicio	-

Tendencia de la composición: Total

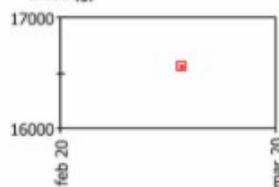
Masa total (kg)



Fecha de medición

Tendencia de la composición: Total

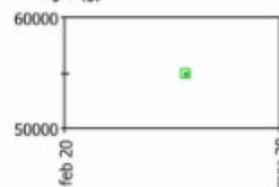
Grasa (g)



Fecha de medición

Tendencia de la composición: Total

Magro (g)



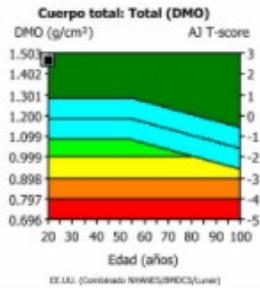
Fecha de medición

Recomendación / Seguimiento

Añadir texto aquí...

Laboratorio de Evaluación de Rendimiento Humano
 Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Organización Deportiva
 Teléfono: 83-29-40-00 Ext. 7670

Paciente:	[REDACTED]	Médico tratante:	[REDACTED]
Fecha de nacimiento:	[REDACTED]	Edad:	20.1 años
Estatura:	172.0 cm	Peso:	74.0 kg
Sexo:	Hombre	Origen:	Hispano
		ID del paciente:	HSBM19121999
		Medido:	17/02/2020 08:57:10 a.m. (16 [SP 1])
		Analizado:	17/02/2020 08:57:11 a.m. (16 [SP 1])



Región	DMO (g/cm ²)	AJ (%)	AJ T-score	AE (%)	AE Z-score
Cabeza	2.421	-	-	-	-
Brazos	1.182	-	-	-	-
Piernas	1.547	-	-	-	-
Tronco	1.247	-	-	-	-
Costillas	1.083	-	-	-	-
Columna	1.270	-	-	-	-
Pelvis	1.392	-	-	-	-
Total	1.466	117	2.6	119	2.8

Estadísticamente 68% de las exploraciones repetidas caen dentro del IDE (± 0.010 g/cm² para Cuerpo total Total); EE.UU. (Combinado NHANES/BNDCS/Lunar) (edades 20-40) Cuerpo total, Male
 Población de referencia (v113); Ajustado para edad, sexo, peso (hombres 25-100 kg), origen étnico
 Fecha de creación: 21/02/2020 12:43:26 p.m. 16 [SP 1]; Nombre del archivo: 3apucjapx66.dfb; Cuerpo total; 76:0.15:153.04:31.4 0.00:-1.00 4.81x13.01 12.3:%Gasa-23.1%; 0.00:0.00 0.00:0.00;
 Modo de exploración: Estándar; 0.4 µCy

Cliente	Sexo	Origen	Fecha de nacimiento	Estatura	Peso	Medido
BRAVO MORENO, HIRAM S	Hombre	Hispano	19/12/1999	172.0 cm	74.0 kg	17/02/2020

Composición del abdomen



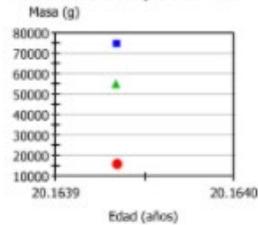
Tejido adiposo
1 Visceral
2 Subcutáneo

La región androide es la del abdomen y el tipo corporal con mayor grasa en esta zona suele describirse como "con forma de manzana." La región ginoide es la del abdomen y el tipo corporal con mayor grasa en esta zona suele describirse como "con forma de pera." Comprender dónde se almacena la grasa en el cuerpo es un importante factor de predicción de los riesgos potenciales para la salud causados por la obesidad.

La opción del software CoreScan estima el contenido de TAV (tejido adiposo visceral) dentro de la región androide. El VAT es un tipo de grasa concreto que está asociado a varios tipos de enfermedades metabólicas tales como la obesidad, el síndrome metabólico y la diabetes de tipo 2. Los resultados de CoreScan han sido validados para adultos con edades comprendidas entre los 18 y los 90, y con un IMC entre 18,5 y 40.

Total

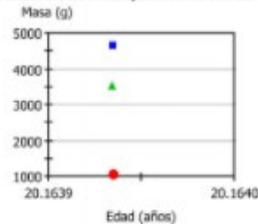
Tendencia de la composición: Total



Fecha	Edad	Masa Total (kg)	Masa magra (g)	Masa de grasa (g)
17/02/2020	20.1	74.7	54,989	16,555

Androide / Ginoide

Tendencia de la composición: Androide

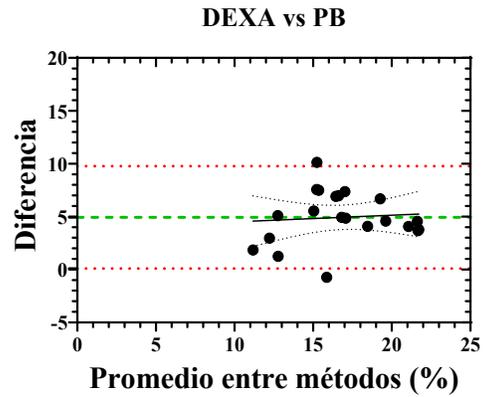
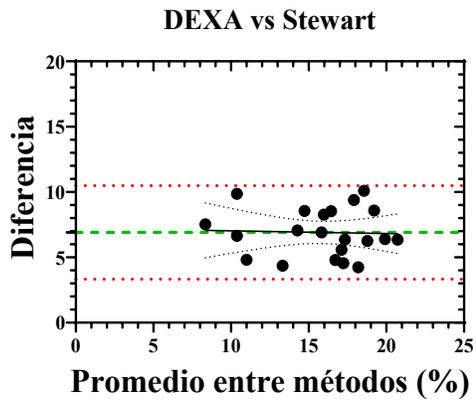
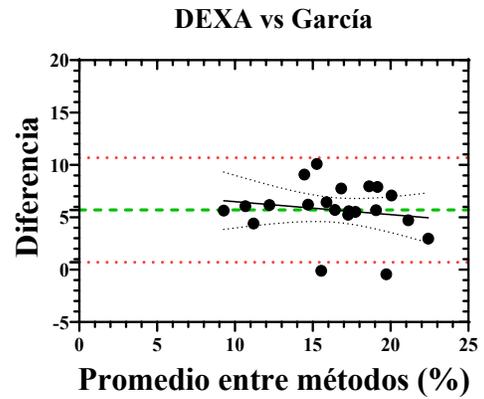
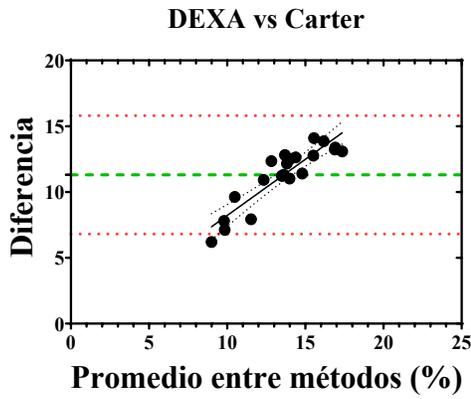
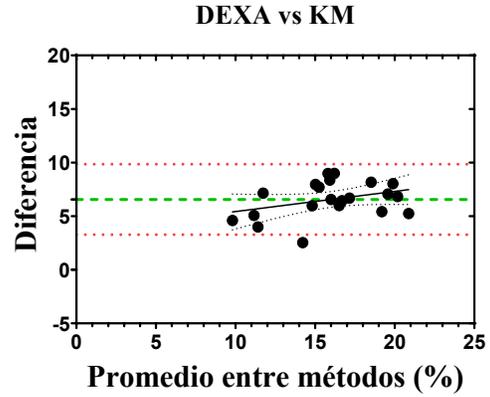
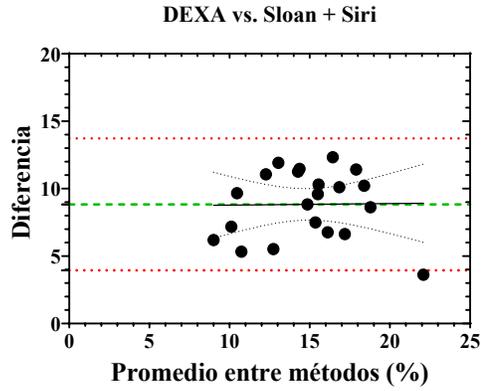


Fecha	Edad	Masa androide (kg)	Magro androide (g)	Androide Grasa (g)	Androide %Grasa	Ginoide %Grasa	Cociente A/G
17/02/2020	20.1	4.7	3,531	1,083	23.5	23.7	0.99

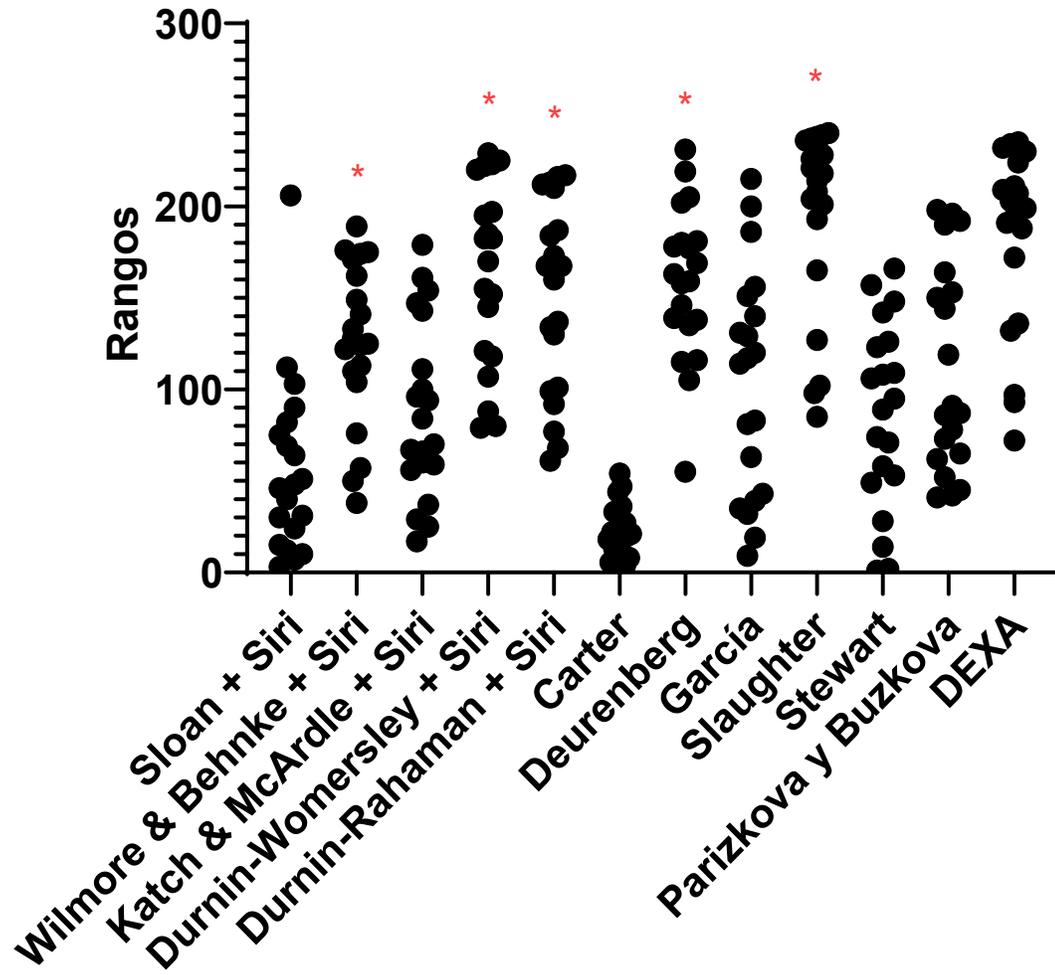
Tejido adiposo visceral estimado (TAV)

Anexo C. Consentimiento informado

Anexo D. Gráficos Bland-Altman fórmulas rechazadas



Anexo E. Gráfico de Rangos



EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA 2DO Y 3ER SEMESTRE




UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA

EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DE LA PRÁCTICA

Datos del alumno:

Matrícula:	2029782
Nombre del alumno:	VANESSA SILSIVANA FLORES GARCIA
Programa educativo:	MUFTO
Orientación:	ALTO DESEMPEÑO

Datos de la Empresa

Empresa/Institución:	FOT
Departamento/Área:	MUFTO

Evaluación:

	Excelente	Bueno	Regular	Malo
Asistencia	✓			
Conducta	✓			
Puntualidad	✓			
Iniciativa	✓			
Colaboración		✓		
Comunicación	✓			
Habilidad	✓			
Resultados	✓			
Conocimiento profesional de su carrera	✓			

Observaciones:

VANESSA UNA BUENA DE OPORTUNIDAD POR
 SI ES SEGUN TRABAJAR EN EQUIPO
 EN SUAS OTRAS A TI POR SUS MANEJOS LA METODOLOGIA

[Firma]

Nombre y firma del Tutor responsable de la práctica

[Firma]

Puesto del Tutor responsable de la práctica

Sello de la institución/dependencia

Av. Universidad s/n, Ciudad Universitaria, C.
 San Nicolás de los Garza, Nuevo León
 Tel.: (81) 1340 4450 -
 fo@uanl.mx | www.uanl.mx



VISION UANL 2030
 PLAN DE CALIDAD PARA TRANSFORMAR Y
 SER EN SERVIDOR DE LA UNIVERSIDAD

PERFIL Y EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS

A) Perfil de alumnos o egresados para llevar a cabo prácticas en su institución.

Datos de la Empresa:

Empresa/Institución: Facultad de Organización Deportiva

Departamento/Área: Laboratorio de Rendimiento Humano

Instrucciones: por este medio solicitamos indicar el perfil y actividades que su institución requiere de un practicante de la Maestría en Actividad Física y Deporte con orientación en Alto Rendimiento, actividad principal trabajar en su trabajo de tesis

Perfil integral del practicante:

Conocimiento: Nutrición y deporte

Habilidades: _____

Aptitudes: _____

Competencias: _____

Actividades a realizar por el practicante:

- Actividad principal trabajar en su trabajo de tesis
- Trabajar en los resultados y parte estadística de su trabajo de tesis

B) Desempeño del alumno que está terminando prácticas en su institución.

Datos del practicante:

Nombre del alumno: Vanesa Alejandra Flores Garcia

Programa educativo: Maestría en actividad Física y Deporte

Orientación: Alto rendimiento deportivo

Favor de indicar el desempeño del practicante actual en relación al perfil y actividades indicadas por usted en la parte superior

El alumno inicio el semestre con alteraciones personales, las cuales llegaron a afectar un poco su rendimiento académico, sin embargo logro superar las cuestiones personales satisfactoriamente y cumpliendo las actividades importantes para el cumplimiento de su semestre.

Comentarios:

Tutor responsable de la práctica
[Nombre, firma y/o sello]



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA

Evaluación de Desempeño de la Práctica

Datos del alumno:

Matrícula:	2029782
Nombre del Alumno:	Vanesa Alejandra Flores García
Programa educativo:	Maestría en Actividad Física y Deporte
Orientación:	Alto Rendimiento

Datos de la empresa:

Empresa/Institución:	Facultad de Organización Deportiva
Departamento/Área:	Laboratorio de rendimiento Humano

Evaluación

	Excelente	Bueno	Regular	Malo
Asistencia		X		
Conducta		X		
Puntualidad			X	
Iniciativa		X		
Colaboración		X		
Comunicación		X		
Habilidad		X		
Resultados		X		
Conocimiento profesional de su carrera	X			

Observaciones:

Mariano

Nombre y firma del responsable de la práctica

Puesto del tutor responsable de la práctica

Sello de la institución/independencia



Avenida Universidad s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66455
 San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México
 Tele: (81) 13.40.44.80 13.40.44.51
 fod@uanl.mx / www.fod.uanl.mx

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO



RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

L.N. VANESA ALEJANDRA FLORES GARCÍA

Candidato para obtener el Grado de Maestría en Actividad Física y Deporte
con Orientación en Alto Rendimiento

Tesis: PRECISIÓN DE FÓRMULAS ANTROPOMÉTRICAS PARA ESTIMAR
PORCENTAJE DE GRASA VS ESTIMACIÓN REALIZADA CON DEXA.

Campo temático: San Nicolas de los Garza, Nuevo León.

Lugar y fecha de nacimiento: Guadalajara, Jalisco. 7 de octubre de 1993.

Lugar de residencia: Guadalajara, Jalisco.

Procedencia académica: Licenciatura en nutrición, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.

Experiencia Profesional: Prácticas profesionales como nutrióloga en el Consejo Estatal para el Fomento Deportivo (CODE) en Jalisco, responsable de elaborar planes de alimentación a diferentes disciplinas. Servicio social en el Instituto de Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y Deporte (ICAAFYD), responsable de realizar evaluaciones antropométricas y planes de alimentación para deportistas representativos de la Universidad de Guadalajara. Instructora de cursos antropométricos certificada nivel 3 por ISAK.

E-mail: ln_vafg5@hotmail.com