



Validez de las fórmulas antropométricas para determinar el porcentaje graso en deportistas con amputación unilateral de miembros inferiores.

Autor

Ximena Saavedra Bernal

Director

Laura Victoria Rivera Amézquita

Magister en Actividad Física y Salud

Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud
Maestría en Actividad Física y Salud
Universidad del Rosario

Bogotá - Colombia
2024

PARTE I: INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	
<i>Título del proyecto</i>	VALIDEZ DE LAS FÓRMULAS ANTROPOMÉTRICAS PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE GRASO EN DEPORTISTAS CON AMPUTACIÓN UNILATERAL DE MIEMBROS INFERIORES
<i>Descriptorios / palabras claves</i>	Composición corporal, porcentaje graso, deporte paralímpico, amputación
<i>Duración del proyecto (en meses)</i>	

PARTE II: CONTENIDO DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN
<p>1. Planteamiento del problema y objeto de estudio</p> <p>El porcentaje graso (PG) es una medida indicativa que identifica la proporción de grasa que existe en el cuerpo en referencia a todo el peso corporal (1). Ha sido ampliamente estudiada en el ámbito del deporte ya que da cuenta de dos tipos de información: el rendimiento del deportista y la salud.</p> <p>En cuanto al rendimiento deportivo se ha reportado que un bajo PG se relaciona con una mejor capacidad cardiorrespiratoria y fuerza (2). En un estudio realizado en ciclistas de ruta, se evidenció que la reducción en la grasa corporal se relacionó con un aumento del consumo máximo de oxígeno, cambio que se dio sin alteración de los niveles de masa magra en los deportistas (3). Por otro lado, en deportes como el taekwondo, boxeo, judo, lucha libre y levantamiento de pesas, el PG tiene un papel importante ya que define la categoría en la cual el deportista debe participar (4). Para obtener una ventaja competitiva en este parámetro, en algunas ocasiones, los deportistas realizan dietas extremas, las cuales impactan en la masa corporal. Este comportamiento causa fluctuaciones en el PG, masa magra, porcentaje óseo y niveles de hidratación, que afectan directamente el estado de salud del deportista (4).</p> <p>En el deporte paralímpico, la evaluación del PG es un proceso que se realiza para hacer un seguimiento del estado de salud (5). Las personas con discapacidad física, en especial las personas con una amputación traumática de miembros inferiores, tienen mayor riesgo de presentar alteraciones en su composición corporal (CP) por la ausencia de uno y/o varios segmentos corporales (6). Dicha pérdida de segmentos genera cambios anatómicos, fisiológicos y psicológicos en el cuerpo humano que afectan la funcionalidad de la persona (7). Se ha demostrado que las personas con amputación unilateral de miembros inferiores presentan cambios metabólicos como el aumento del tejido adiposo y resistencia a la insulina, lo que puede llevar a consecuencias en el sistema arterial y contribuir al</p>

aumento de la morbilidad cardiovascular (7). Por otro lado, la inmovilización y disminución de la actividad física dada por la hospitalización y por la amputación misma, genera una pérdida aún mayor de masa muscular y una atrofia que contribuyen a la pérdida de movilidad y en consecuencia, a una disminución en la funcionalidad de la persona (8). Estudios retrospectivos han reportado un aumento de la frecuencia de obesidad en personas que sufrieron una amputación, alcanzando una prevalencia entre el 17% y el 82%, siendo una cifra bastante incierta (9). En un estudio realizado en personas con amputación de miembros inferiores relacionadas con el combate, se identificó la prevalencia de la obesidad en todos los grupos de edad antes y después de la amputación. Se encontró que antes de la lesión, el 1,9% de pacientes entre 20 y 34 años y el 29,1% de los pacientes entre 35 a 44 años ya se encontraban con obesidad. Después de la amputación, el 51,5% de los pacientes entre 20 y 34 años y el 65,1% de los pacientes entre 34 a 55 años eran obesos, aumentando de manera significativa esta condición en personas con amputación (9).

Existen diferentes métodos que permiten estimar la CP de manera precisa. El estándar de oro es la absorciometría con rayos X de doble energía (DEXA por sus siglas en inglés), el cual arroja valores precisos de la CP como el PG, porcentaje magro, densidad mineral ósea, masa magra y masa grasa. Sin embargo es una herramienta de alto costo y de difícil acceso (10). Como consecuencia, se han desarrollado otros métodos para estimar la CP de manera más accesible y de fácil aplicación. Uno de estos es la antropometría, cuyo objeto de estudio es la medición de las dimensiones del cuerpo humano (11). La evaluación antropométrica incluye mediciones del grosor de los pliegues cutáneos (PC), o plicometría, los cuales permiten estimar la grasa corporal total, la grasa regional y la distribución de grasa en el cuerpo (1). Esta medición debe ser realizada por una persona certificada en el protocolo diseñado por la Sociedad Internacional de Avances en Cineantropometría (ISAK), la cual describe, de manera específica, la toma de cada PC para que los resultados obtenidos sean precisos (12). Posteriormente, estas medidas se utilizan dentro de unas fórmulas específicas para determinar la CP.

Se han desarrollado una serie de fórmulas como la de Jackson y Pollock, Durnnin y Womersley, Forsyth y Sinning, Thorland, Ball, Sloan, Eston, O'Connor, Carter, Faulkner y Slaughter, las cuales logran estimar el PG de cada individuo (13). Wattanapenpaiboon y colaboradores compararon el PG estimado con el DEXA y la fórmula de Durnnin y Womersley, teniendo en cuenta cuatro PC (bíceps, tríceps, subescapular y supra ilíaco), tanto en hombres como mujeres. Se encontró que la fórmula en mención subestima significativamente el PG en mujeres (diferencia=3,2%, $p < 0,0001$), mientras que en los hombres no se encontraron diferencias significativas (diferencia=0,1% , $p > 0,05$)(14). Shakibae y colaboradores compararon el PG en militares iraníes con la fórmula de Jackson y Pollock teniendo en cuenta las tres ecuaciones de tres, cuatro y siete PC (15). Se reportó una diferencia entre DEXA y cada fórmula de 0,1%, -1% y 0,3% respectivamente, concluyendo que las fórmulas son excelentes predictores del PG, comparado con el DEXA ($R^2 = 0,98$) (15). Thorland y cols estudiaron atletas con el fin de determinar la densidad corporal por medio de la derivación de dos ecuaciones cuadráticas diseñadas para hombres y mujeres, de tres y siete PC en comparación con el peso tomado debajo del agua. Se encontró, tanto en la muestra de hombres, como mujeres coeficientes de validez altos ($R^2 = 0,81$ y $0,82$) para determinar la densidad corporal (16). Ball y cols estudiaron el PG en hombres con una ecuación diseñada por el autor en comparación con el DEXA. Se encontró que hubo una alta correlación entre los dos métodos ($R^2 = 0,90$) (17). Por el contrario, Wayne y cols realizaron un estudio en atletas masculinos para determinar el PG comparando 21 fórmulas antropométricas, entre ellas la ecuación Forsyth y Sinning con la densidad corporal por pesaje bajo el agua. Se encontró que la fórmula sobreestima los valores de PG entre el 2,4% y 3,8% respectivamente (18). Por otro lado, Gomes y cols realizaron la comparación del PG estimado por la fórmula de sumatoria de siete PC (tríceps, subescapular, bíceps, supra

espal, abdominal, medio muslo y pantorrilla media) y el DEXA. Se reportó una correlación alta y positiva ($R^2 = 0,911$, $p < 0,001$) entre estos dos métodos en deportistas (19).

Dada la fácil estimación del PG a través de las ecuaciones que utilizan datos de los PC, estas han sido ampliamente utilizadas en el ámbito deportivo convencional (20). Paralelamente, y debido al crecimiento que ha tenido la práctica del deporte por parte de personas con amputación y la necesidad de conocer esta variable, se han utilizado estas fórmulas para esta población. Sin embargo, este método asume una distribución simétrica en el cuerpo del individuo, situación que no se cumple en personas con amputación unilateral (21). Como respuesta, Cavedon y colaboradores investigaron la precisión de 18 fórmulas antropométricas validadas en población sin discapacidad para predecir el PG en atletas con amputación unilateral de miembros inferiores. Se encontró que las fórmulas de Durnnin y Womersley, Forsyth y Sinning, Thorland y Ball, fueron las únicas en obtener una excelente correlación ($R^2= 0,83$, $R^2= 0,88$, $R^2=0,88$, $R^2=0,86$, respectivamente) con el DEXA, mientras que las fórmulas de Sloan, Eston y O connor arrojaron una moderada correlación ($R^2= 0,54$, $R^2= 0,68$, $R^2=0,60$) (22). Las demás fórmulas subestimaron significativamente el PG frente al DEXA con un sesgo entre -1,14% y -8.03% (22). Además, en dicho estudio diseñaron dos ecuaciones antropométricas para atletas con amputación unilateral de miembros inferiores a partir de las mediciones de PC, utilizando el DEXA como patrón de referencia (22). Los autores reportaron que ambas fórmulas tienen un buen rendimiento predictivo ($R^2=0,94$ y $0,93$ respectivamente), lo que permite concluir que para esta muestra los PC son predictores de más del 93% de la variación total en el PG reportado por el DEXA (22). En otro estudio, Frost y colaboradores propusieron una fórmula para estimar el PG utilizando el ajuste del índice de masa corporal (IMC) para personas con amputación, de acuerdo con la Amputee Coalition (23). En este estudio también se evaluó la correlación entre la fórmula y el DEXA. Los resultados evidenciaron que hubo una alta correlación ($R^2 = 0,88$, $p < 0,05$) entre el PG de DEXA y la fórmula diseñada (23).

Si bien estos estudios proponen fórmulas más precisas y aplicables a deportistas con amputación unilateral de miembros inferiores, existe un vacío de conocimiento en cuanto a la validación de las fórmulas diseñadas para la población en Colombia. Además de responder a la necesidad de explorar la derivación de una nueva fórmula que no solo tenga en cuenta los PC como variable de interés, sino también, se tenga en cuenta variables principales como el nivel de amputación del deportista, el sexo, la edad, los PC y la envergadura, para que de esta manera se obtenga con mayor precisión el valor del PG en deportista con la presente discapacidad física.

Hasta nuestro conocimiento, no se ha estudiado la validación de las fórmulas diseñadas para determinar el PG comparado con el método Gold estándar DEXA (24). Por tal motivo, este estudio pretende responder la siguiente pregunta: ¿Cuál es la validez de las fórmulas reportadas para determinar el porcentaje graso en deportistas con amputación unilateral de miembros inferiores medido por el DEXA en Colombia?

2. Justificación

El deporte paralímpico en Colombia en los últimos años ha incrementado exponencialmente su participación en los juegos nacionales e internacionales. Esto implica un gran reto para todo el personal de salud y de rendimiento, como entrenadores, deportólogos, nutricionistas y fisioterapeutas, para generar nuevo conocimiento centrado en el deporte paralímpico que permita evaluar, de manera precisa, el rendimiento deportivo y las variables relacionadas con la salud (22). Por tal motivo, el tener una fórmula validada que arroje el valor preciso del PG en nuestros deportistas con amputación, va a contribuir al fortalecimiento de una herramienta no invasiva y de bajo costo, en el cual los profesionales se beneficiarán del uso de dichas ecuaciones predictivas para evaluar y monitorear el PG

en los atletas, y así enfocar sus planes de entrenamiento de acuerdo con las necesidades específicas de cada deportista. Además, los atletas podrán tener acceso a información más precisa de su PG, lo cual permitirá generar una conciencia de la composición de su cuerpo y de los ajustes que se deben realizar para potencializar sus habilidades físicas de acuerdo con su deporte y los cuidados que debe tener para mejorar su salud.

Por otro lado, el tener una fórmula válida para nuestra población ayudará a generar modelos explicativos, tanto en el ámbito deportivo como clínico, y con diferentes poblaciones que presenten las mismas características mencionadas en este proyecto, como los pacientes con amputación como consecuencia de una complicación generada por la diabetes mellitus tipo 2 (DM2); el 50% de todas las amputaciones en el mundo occidental, están dadas por dicha enfermedad (25). La DM2 se presenta usualmente en combinación con problemas de salud como la hipertensión arterial y desajustes metabólicos que pueden llevar a un aumento de tejido adiposo y presentar sobrepeso y en mayores casos llevar a la obesidad. Un aumento de PG en un paciente amputado por DM2 puede complicar en mayor medida la patología y traer consigo un deterioro significativo en el estado de salud, el cual va a generar desventajas en la rehabilitación y en su proceso de protetización (26). Por tal motivo, el tener un indicador que permita conocer de manera precisa el PG, contribuirá a establecer objetivos que impacten directamente en esta variable, con el fin de evitar su deterioro y ayudar al paciente a mejorar su funcionalidad y el rol que tiene en la sociedad. Asimismo, se puede explorar la derivación de otras ecuaciones que permitan la estimación del PG en diferentes patologías que presenten amputaciones de miembros inferiores. Por ejemplo, enfermedades congénitas, deformidad de miembros inferiores, amputaciones de origen infeccioso, tumores que precisan la extirpación de este y quemaduras que llevan a una amputación.

Es preciso resaltar que, el tener la iniciativa de realizar un proyecto de investigación con rigurosidad científica en deportistas con amputación unilateral, contribuye a crear nuevo conocimiento en personas con discapacidad, las cuales necesitan de resultados de investigación que se apliquen a ellos. Adicionalmente, estos avances contribuirían a que los profesionales de la salud y del entrenamiento desarrollen y apliquen métodos de medición específicos para personas con amputación, disminuyendo así el sesgo de utilizar herramientas no adecuadas. Lo anterior permitirá contribuir con el progreso y alcance de objetivos personales y profesionales de deportistas con amputación.

3. Marco teórico y estado del arte

DEPORTE PARALIMPICO

El deporte paralímpico está definido como una actividad deportiva que se adapta a las personas que presentan alguna discapacidad o una condición especial de salud (27). Algunos deportes paralímpicos como el baloncesto de silla de ruedas han realizado diferentes adaptaciones de las reglas del juego, con el fin de que los deportistas con diferentes habilidades funcionales tengan la posibilidad de jugar. En otros casos, se han creado deportes de acuerdo con el nivel de funcionalidad de las personas en el cual elaboran sus propias reglas del juego; un ejemplo de este deporte es el Goalball (6). El deporte paralímpico tiene una clasificación basada en 10 deficiencias elegibles y el deportista tiene que contar con al menos una de ellas para poder ser parte de algún deporte paralímpico. Las 10 deficiencias son (28):

- Hipertonía: Aumento anormal del tono muscular y disminución del musculo para elongarse, generado por una lesión o enfermedad.
- Atetosis: Movimientos descontrolados e involuntarios.
- Ataxia: Falta de coordinación de los movimientos musculares o control del movimiento voluntario.
- Deficiencia de la potencia muscular: Disminución de la fuerza en varios grupos musculares dado por lesiones medulares, síndrome Guillain-Barré, entre otros.
- Deficiencia en el rango de movimiento pasivo: Disminución del rango de movimiento en las articulaciones de manera permanente por condiciones como artrogriposis, anquilosis o escoliosis.
- Deficiencia de extremidades: Ausencia parcial o total de los huesos o las articulaciones como consecuencia de traumatismo o enfermedades.
- Diferencia en la longitud de las piernas: Acortamiento de los huesos de una pierna con respecto a la otra de carácter congénito.
- Baja estatura: Reducción de la altura debido a dimensiones anormales.
- Discapacidad intelectual: Limitación en el funcionamiento intelectual y la conducta adaptativa.
- Deficiencia visual: Alteración en la estructura del ojo, nervio óptico o parte del cerebro que controla la visión.

En referencia a la deficiencia de extremidades, las amputaciones son definidas como la resección completa y definitiva de una parte o totalidad de una extremidad, generada por una enfermedad o por un evento traumático (7). Según las estadísticas del Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), Colombia es el cuarto país del mundo con más víctimas de amputación por minas antipersonas, seguido de Chechenia, Afganistán y Angola (7). Además, según datos aportados por el Comando General de las Fuerzas Militares y el Comité Internacional de la Cruz Roja en el 2008, 2.205 adultos jóvenes y 5.250 niños y niñas han sufrido de alguna amputación por la detonación de minas, siendo una cifra bastante amplia en la población (7).

Existen diferentes niveles de amputación de acuerdo con la extremidad comprometida y la extensión de la lesión, por lo que no solo se encuentran las amputaciones de miembros inferiores, sino también, amputaciones de miembros superiores catalogadas en diversos niveles (29)(7). Para efectos de este proyecto, se tendrán en cuenta las amputaciones de miembros inferiores, las cuales están divididas de la siguiente manera (30):

- Desarticulación de cadera.
- Amputación transfemoral.
- Desarticulación de rodilla.
- Amputación transtibial.
- Desarticulación de cuello de pie (Symes).
- Amputación de Chopart.
- Amputaciones parciales de pie.

LA COMPOSICIÓN CORPORAL

La CP proporciona información sobre el estado nutricional y la capacidad funcional del cuerpo humano, el cual permite obtener una valoración objetiva y con fundamento científico de la morfología del individuo (31). Existen varios modelos que delimitan la CP del cuerpo en función de diferentes componentes. Dicho modelo contempla la

CP en cuatro niveles básicos: Nivel I: Atómico o elemental, nivel II: Molecular o químico, nivel III: Celular y nivel IV, el cual es el más utilizado y está conformado por dos componentes: la masa magra corporal (75%) y tejido adiposo (25%). A su vez, dentro de la masa magra corporal, se encuentra el músculo esquelético (36%), el músculo no esquelético, los tejidos blandos (29%) y el hueso (10%) (32).

El tejido adiposo representa un componente esencial de la reserva energética y funciona como aislante nervioso (32). Es un componente que sufre de variaciones de acuerdo con la edad y el sexo, que a su vez, está conformado en un 83% de tejido graso, en el cual el 27-50% se encuentra ubicado a nivel subcutáneo y un 42-70% a nivel visceral (32). Una de las variables para determinar la masa grasa es la proporción del tejido adiposo o el PG (1). El aumento de PG está directamente relacionado con el aumento de grasa corporal en el organismo (8). El exceso de tejido graso en el cuerpo es producido por un desajuste entre la ingesta y el gasto de energía. Cuando las células grasas han alcanzado un tamaño máximo y la ingesta aún se sigue dando, las células grasas aumentan en número, contribuyendo así a la acumulación de tejido graso en el cuerpo, lo cual lleva a cambios metabólicos significativos que podrían generar, a largo plazo, problemas como el sobrepeso o la obesidad (8). Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), uno de cada cinco adultos en todo el mundo sufrirá de obesidad en el año 2025 (33). En el año 2014, más de 1.900 millones de adultos (39%) de 18 años o más tenían sobrepeso y 42 millones de niños de cinco años tenían sobrepeso u obesidad, siendo un problema de salud pública de primer orden debido a su morbilidad y su mortalidad (33).

Respecto al ámbito deportivo, se han realizado diferentes estudios relacionados con deportistas convencionales en fútbol y fútbol americano, en los cuales se ha evaluado la influencia del PG en el rendimiento, y se ha encontrado que un aumento del PG, disminuye la potencia aeróbica y la resistencia muscular (34)(35). Por el contrario, en un estudio realizado en deportistas de ciclismo de ruta, se evidenció que la reducción en la grasa corporal se relacionó con un aumento del consumo máximo de oxígeno, sin afectación de los niveles de masa magra en los deportistas (3). En cuanto a los deportistas paralímpicos que presentan amputación y talla baja, se ha demostrado que un bajo nivel de índice de masa grasa, representa un mejor desempeño deportivo (36).

MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL

Para analizar la CP existen varios métodos que permiten determinar con precisión estos parámetros. Para efectos de este trabajo se utilizará la Absorciometría con rayos X de doble energía (DEXA) considerado como el Gold estándar para las mediciones de CP (37). El DEXA emplea fotones de rayos X de alta y baja energía. En dependencia de los equipos que se utilicen, los fotones se pueden obtener por medio de dos maneras: el generador emite de forma alterna una radiación alta (140 kVp) y baja (70-100 kVp (kilo voltaje)) mientras se desplaza sobre la superficie del cuerpo que se va a analizar (10). La otra manera se realiza a través del generador, el cual emite un haz constante, mientras se interpone un filtro de tierras que separa los fotones de alta (70 KeV) y baja energía (40 KeV) (10). El DEXA es un método de medición que discrimina diferentes estructuras en el organismo (37). Esta técnica cuantifica la densidad mineral ósea (DMO) y estima el riesgo de fractura. En dependencia de los resultados, se pueden tomar decisiones frente a ello y evaluar la respuesta al tratamiento (37). Además, se puede estimar la masa magra y la masa grasa del individuo (38). A pesar de que el enfoque principal del DEXA es determinar la DMO, en el ámbito deportivo es ampliamente utilizado para establecer el PG, porcentaje magro, masa magra y masa grasa, debido a su validez para evaluar a los atletas, tanto convencionales como paralímpicos (19) (23).



Imagen 1. Equipo Absorciometría con rayos X de doble energía (DEXA).

Tomado de: <https://www.wcorlando.com/contents/services/osteoporosis/dexa-scan>

El DEXA es una herramienta útil, válida y precisa, sin embargo, es de alto costo y de difícil acceso (10). Por tal motivo, se han desarrollado otros métodos para estimar la CP de manera más accesible y de fácil aplicación. Uno de estos es la antropometría, definida como la recopilación y medición sistemática de las características físicas del cuerpo humano, principalmente el peso, el tamaño y la forma. Los valores antropométricos están directamente relacionados con factores genéticos, características ambientales, condiciones sociales y culturales, estilos de vida, estado funcional y la salud. Dichas mediciones se pueden utilizar para evaluar el riesgo de desnutrición, obesidad, atrofia muscular, aumento de masa grasa y mala distribución del tejido adiposo (39).

Existen factores de la antropometría que se pueden modificar como las circunferencias, PC y peso corporal, por medio de una intervención estructurada de un equipo de salud. Medidas como la altura y los diámetros son factores no modificables (39). Dentro de las mediciones que se realizan en la antropometría, se encuentran el peso, la talla, el Índice de masa Corporal (IMC), los perímetros y PC (32). El peso corporal es el resultado de todos los tejidos que conforman el cuerpo humano y este valor se puede obtener por medio de una báscula (32). En los sujetos que presentan algún tipo de amputación, la medición del peso se realiza con una báscula con una precisión de 0,1 kg. Primero se toma la medición sin prótesis, para posteriormente proceder a hacer la medición de esta. Luego se realiza una resta para obtener el peso real del sujeto. También se puede obtener el peso supuesto con la siguiente ecuación: $AW = PW - (PW \times P)$, en donde AW es el peso supuesto en el momento de la amputación, PW es el peso previo a la amputación y P es la proporción del peso corporal total, representado por los segmentos de extremidades que faltan (40).

La talla o altura es uno de los indicadores antropométricos que con mayor frecuencia se utiliza para la valoración del estado nutricional. La técnica para realizar la medición es relativamente sencilla, pero se requiere de rigor metodológico para obtener la precisión, exactitud y por consiguiente la confiabilidad para establecer diagnósticos y realizar seguimiento de esta (41). Se realiza por medio de un tallímetro y el sujeto se debe encontrar en posición antropométrica con los pies juntos, la espalda en contacto con el tallímetro y la cabeza en el plano de Frankfort (41).

El IMC constituye en la actualidad la herramienta más útil para poder valorar el estado de adiposidad corporal y nutricional en los sujetos, y se estima a través del peso en kilogramos dividido por el cuadrado de la estatura en

metros (Kg/m²) (42). La OMS estableció una clasificación que permite correlacionar el resultado con el riesgo de morbimortalidad (32).

Clasificación	Rango
Normopeso	18,5-24,9
Sobrepeso	25-29,9
Obesidad	>30

Tabla 1. Clasificación índice de masa corporal.

Un metaanálisis en el cual se valoró la correlación del IMC y la adiposidad corporal, arrojó un resultado casi perfecto en cuanto a la reproducibilidad (0,90) y un coeficiente de correlación intraclase (ICC) de 0,86 para diagnosticar obesidad. También, se evidenció buena reproducibilidad (0,50, ICC: 0,43–0,57) para identificar el grado de adiposidad (43). Para los usuarios que presentan una amputación de algún miembro inferior, se realizó una modificación del IMC propuesta por la Amputee Coalition la cual corrige las proporciones de la masa corporal total en porcentaje, de acuerdo con la amputación (23):

- Pie (Symes):1,30%
- Transtibial:3,26%
- Transfemoral: 9,96%
- Desarticulación de cadera/hemipelvectomia: 11,83%.

La fórmula para realizar es: (masa corporal sin la prótesis) / (1.0 – la proporción de la masa corporal de acuerdo con el nivel de amputación en decimal)

PLIEGUES CUTÁNEOS

Los PC son zonas con puntos antropométricos específicos que cuantifican el volumen graso corporal. La determinación de los PC constituye un método sencillo y de bajo costo que permite determinar la CP del sujeto, en especial el PG (44). Es importante mencionar que entre el 27% y el 42% de la grasa corporal total se encuentra en el nivel subcutáneo, por tanto, el grosor que éste ocupa en esta localización, supondrá un reflejo de la CP y el balance energético del sujeto a largo plazo (45). Las mediciones se realizan con un instrumento llamado plicómetro o lipocalibre, con el cual se toman seis PC principales que se valoran para determinar la distribución de la grasa: tricípital, bicípital, subescapular, supra iliaco, muslo y pantorrilla (46). Esta medición debe ser realizada por una persona certificada en el protocolo diseñado por la Sociedad Internacional de Avances en Cine antropometría (ISAK por sus siglas en inglés), la cual describe de manera específica la toma de cada PC para que los resultados obtenidos sean precisos (12). Según el protocolo ISAK, las medidas se deben realizar en el lado derecho del cuerpo, independientemente del lado de dominancia del sujeto. Sin embargo, en algunas ocasiones es imposible medir el lado derecho debido a lesiones o a la ausencia de algún miembro, como en sujetos con amputación unilateral. En este caso, se mide el lado izquierdo del cuerpo, pues en un estudio donde se compararon los PC entre ambos hemicuerpos, no se encontraron diferencias significativas en su grosor. Estas diferencias no son relevantes en la práctica, ni siquiera cuando la musculatura y los huesos presentan un gran desarrollo unilateral (47).

Para iniciar las medidas de los PC, se deben marcar todos los puntos antropométricos necesarios para el estudio que se pretende realizar. Se debe tomar cada medida como mínimo dos veces y se toma una tercera medición en el caso de que la diferencia entre las dos primeras medidas sea mayor del 5%. Si se toman dos medidas, se utiliza la media como dato final, si se toman tres medidas, se utiliza la mediana (47). Una vez se tengan los valores de los PC, se ingresan los resultados a unas fórmulas que se han derivado para estimar la densidad corporal (DC), definida como la cantidad de masa del cuerpo humano contenida en un determinado volumen del cuerpo (48) y posteriormente se aplican las fórmulas que determinan el PG. Existen más de 21 fórmulas diseñadas para determinar el PG, sin embargo, las desarrolladas por Durnnin y Womersley, Forsyth y Sinning, Sloan, Eston, O'Connor, Carter, Faulkner y Slaughter han demostrado ser precisas comparadas con el Gold estándar DEXA. Las fórmulas se resumen en la siguiente tabla (22):

	Fórmula
Durnnin y Womersley	$DC = 1.1765 - [0.0744 \cdot \log_{10} (BI + TR + SE + SI)]$
Forsyth y Sinning	$DC = 1.1103 - (0.00168 \cdot SE) - (0.00127 \cdot AB)$
Sloan	$DC = 1.1043 - (0.001327 \cdot MS) - (0.00131 \cdot SE)$
Eston	$PG = [0.12 \cdot (BI + TR + SE + SI)] + [0.36 \cdot (MS + PI)] + 1.61$
O'Connor	$PG = [0.272 \cdot (TR + SI + MS)] - [0.0005 \cdot (TR + SI + MS)] + 4.972$
Carter	$\sum 6PC: TR, SE, SI, AB, MS, PI.$ H: $PG = 2,585 + (0,1051 \times \sum 6PC)$ M: $PG = 3,5803 + (0,1548 \times \sum 6PC)$
Faulkner	$\sum 4PC = TR, SE, SI, AB.$ H= $PG = (\sum 4PC \times 0,15) + 5,783$ M= $PG = (\sum 4PC \times 0,213) + 7,9$
Slaughter	M= $PG = 1,33(TR+SE) - 0,013(TR+SE)^2 - 2,5$ H= $PG = 1,21(TR+SE) - 0,008(TR+SE)^2 - 3,4$

Tabla 2. DC: Densidad corporal, SE: Subescapular, AB: Abdominal, BI: Bíceps, TR: Tríceps, SI: Suprailíaco, MS: Muslo, PI: Pierna

En un estudio realizado por Wattanapenpaiboon y colaboradores en el año 1998 en población australiana (hombres y mujeres) se tuvo como objetivo comparar el PG estimado por tres métodos de medición: DEXA, bioimpedancia (BIA) y PC por medio de la fórmula de Durnnin y Womersley. La comparación del PG entre el DEXA y los PC mostró una diferencia estadísticamente significativa (diferencia= 3,2% $p < 0,0001$) en las mujeres, mientras que no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los hombres (14). Por otro lado, Wayne y colaboradores realizaron un estudio en atletas masculinos para determinar el PG, comparando 21 fórmulas

antropométricas, entre ellas la ecuación Forsyth y Sinning con la DC por pesaje bajo el agua. Se encontró que las fórmulas sobreestimaron los valores de PG entre el 2,4% y 3,8% respectivamente en comparación con el DC (18).

Cavedon y colaboradores analizaron la validez de las fórmulas Sloan, Eston y O'Connor en personas con amputación de miembros inferiores (22). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el resultado del DEXA y los arrojados por las tres fórmulas, las cuales subestimaron los valores del PG (22). Para la fórmula Slaughter, Urrejola y colaboradores realizaron un estudio en niños en el cual compararon los resultados de la fórmula frente al DEXA, encontrando diferencias estadísticamente significativas, tanto para hombres, como para mujeres (diferencia=5,5%, p valor < 0,001) (27). Sin embargo, refieren que al no existir más fórmulas con una mejor correlación, se seguirán utilizando con el fin de llevar un control del PG (27). Kemmerer y colaboradores compararon las fórmulas de Faulkner y Carter con el método de cinco componentes del protocolo ISAK y el DEXA en futbolistas de equipos profesionales colombianos. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas frente al DEXA (diferencia Faulkner=1,89% y diferencia Carter=5,82%, p valor<0,05) (49). Es decir que las fórmulas mencionadas subestiman los valores del PG frente al DEXA (49).

A pesar de que existe gran variedad de fórmulas que permiten determinar el PG en deportistas convencionales, dichas ecuaciones no son validadas en población con amputación de miembros inferiores. Por tal motivo, dos autores derivaron unas fórmulas exclusivamente para deportistas con amputación unilateral. Cavedon y colaboradores diseñaron dos ecuaciones antropométricas para atletas con amputación unilateral de miembros inferiores a partir de mediciones de PC, utilizando el DEXA como patrón de referencia (22). Tuvieron en cuenta 29 sujetos que presentarían amputación debido por algún tipo de traumatismo o alteración congénita de miembros inferiores, practicarían algún deporte a nivel competitivo por más de un año y que no padecieran de ninguna enfermedad crónica. Dividieron la muestra en dos grupos: amputación por encima de la rodilla (n= 15 sujetos) y amputación por debajo de la rodilla (n=14 sujetos). Una de las ecuaciones solo tiene en cuenta cuatro PC:

$$\%PG \text{ DEXA} = 0.241 (\text{PC anterior del muslo}) + 0.418 (\text{PC cutáneo abdominal}) + 0.329 (\text{PC subescapular}) + 0.259 (\text{PC axilar}) - 1.689$$

La segunda ecuación propone utilizar la sumatoria de nueve PC (tríceps, bíceps, subescapular, pectoral, axilar medio, supra iliaca, abdominal, muslo y pierna medial):

$$\%FM \text{ DEXA} = 0.162 (\text{Suma de los nueve PC}) - 0.311$$

Los autores reportan que ambas fórmulas tienen un buen rendimiento predictivo ($R^2 = 0,94$ y $0,93$ respectivamente) lo que permite concluir que, para esta muestra, los PC son predictores de más del 93% de la variación total en el PG reportado por el DEXA (22). Sin embargo, dichas fórmulas no tienen en cuenta variables como nivel de amputación, sexo y envergadura que son medidas que arrojan información específica de la población mencionada.

En otro estudio, Frost y colaboradores propusieron una fórmula para estimar el PG en la cual tuvieron en cuenta personas con amputación unilateral de la extremidad inferior (desarticulación de cadera, amputación transfemoral y transtibial y desarticulación de tobillo) debido a todas las causas (congénitas, trauma o enfermedad). Excluyeron a personas que tuvieran una amputación de miembro superior o cirugía de amputación en los dos años anteriores, ya que observaron disminuciones en el volumen del miembro residual en la fase posterior a la amputación. Se

utilizó el ajuste del IMC propuesta por la Amputee Coalition para personas con amputación, la cual especifica un porcentaje de acuerdo a su nivel de amputación (23). La fórmula utilizada fue:

$$PG = (1,20 \times IMC) + (0,23 \times \text{edad } (y)) - (10,8 \times \text{sexo}) - 5,4$$

En este estudio también se evaluó la correlación entre la fórmula y el DEXA. Los resultados evidenciaron que hubo una alta correlación entre el PG de DEXA y la fórmula diseñada ($R^2 = 0,88$, $p < 0,05$) (23). Sin embargo, dichos estudios presentan limitaciones como el número reducido del tamaño de la muestra y la falta de validación a otra población que cuente con las mismas características para validar la fórmula.

VALIDEZ DE UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

La validez es la propiedad de un instrumento de medir lo que pretende medir y definir si se puede utilizar con el fin previsto (50). Hay diferentes tipos de validez, sin embargo, la validez que corresponde a comparar una prueba con su Gold estándar es la validez de criterio concurrente. Para efectos de este trabajo, se va a comprobar la validez concurrente entre las fórmulas propuestas versus el DEXA (50).

Existen diferentes estadísticos para analizar la validez de un instrumento de medición. El coeficiente de correlación intraclass (CCI) se ha aceptado como el índice de concordancia para datos continuos obtenidos con diferentes instrumentos o evaluadores. Permite estimar el grado de acuerdo entre por lo menos dos mediciones cuantitativas. La evaluación de las consistencias de las mediciones se realiza mediante una escala propuesta por Landis y Koch (52):

Rango	Clasificación
0	Pobre
0.01-0.20	Leve
0.21-0.40	Regular
0.41-0.60	Moderado
0.61-0.80	Substancial
0.81-1.00	Casi perfecto

Tabla 3. Valores del coeficiente de correlación intraclass y su interpretación.

Finalmente, la regresión lineal múltiple es un método estadístico que es utilizado para predecir el comportamiento de una determinada variable dependiente en función de otras variables independientes o explicativas. La regresión lineal múltiple se representa mediante la siguiente fórmula:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} \dots + \beta_n x_{in} + e_i$$

Y es la variable a predecir, B_1, B_2, \dots , son parámetros desconocidos a estimar y e_i llamado residuo o error, es la diferencia entre el valor observado y el valor estimado por el modelo (53). En este método estadístico se utiliza el coeficiente de determinación R^2 , el cual mide la extensión o fuerza de los cambios de la variable dependiente que pueden ser explicados por la variable independiente (54). Un R^2 igual a 1 significa un ajuste lineal perfecto, es

decir, la variación total de la variable dependiente es explicada por el modelo de regresión, mientras que un valor de cero indica la no representatividad del modelo lineal, lo que supone que el modelo no explica nada de la variación total de la variable dependiente (55).

OBJETIVO GENERAL:

Determinar la validez de las fórmulas reportadas para determinar el porcentaje graso en deportistas con amputación unilateral de miembros inferiores en Colombia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Comparar el PG de deportistas con amputación unilateral de miembros inferiores estimado a través de las fórmulas Forsyth y Sinning, Durnnin y Womersley, Sloan, O'Connor, Eston, Cavedon y Frost y el DEXA.
- Identificar el grado de acuerdo entre las fórmulas antropométricas reportadas y el DEXA en deportistas con amputación unilateral de miembros inferiores en Colombia.
- Explorar la derivación de una fórmula que permita estimar el porcentaje graso en deportistas con amputación unilateral de miembros inferiores en Colombia.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:

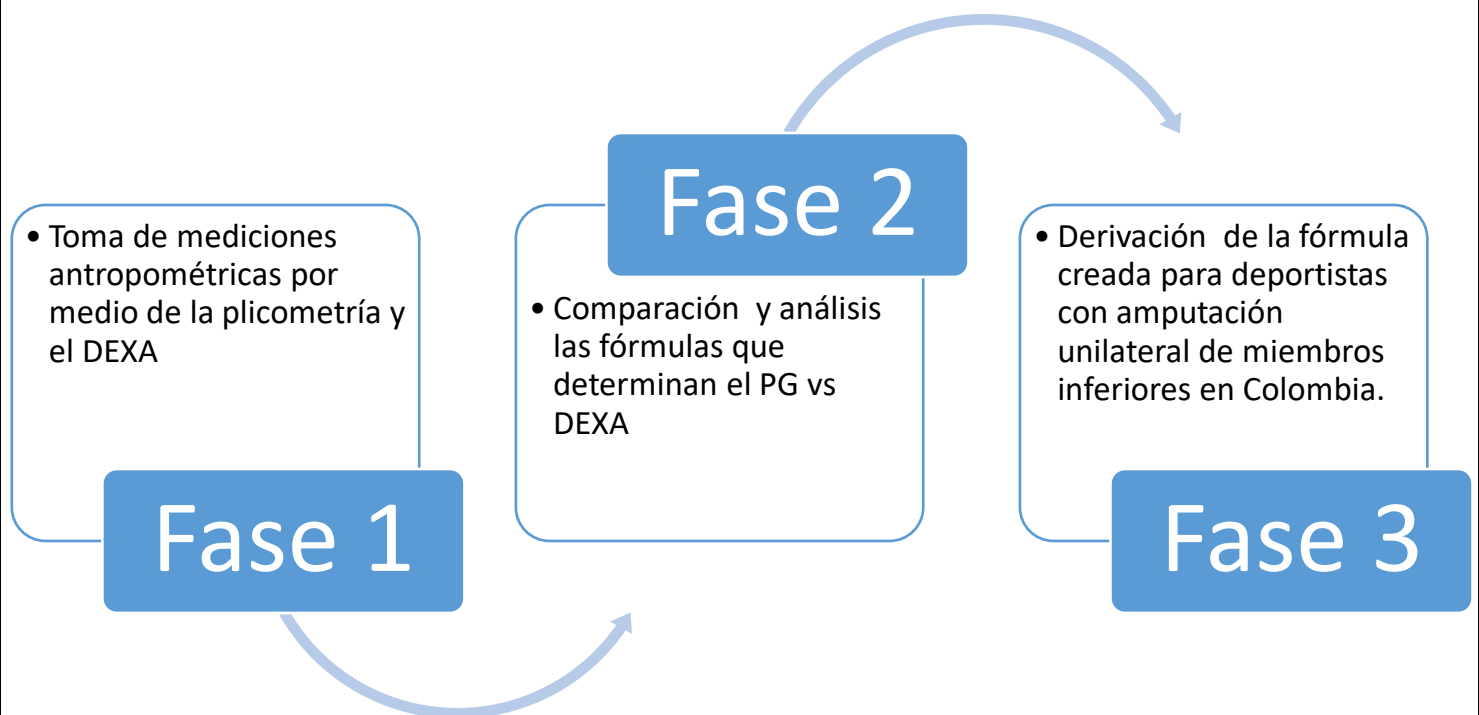
¿Cuál es la validez de las fórmulas reportadas para determinar el porcentaje graso en deportistas con amputación unilateral de miembros inferiores en Colombia?

5. Metodología propuesta

DISEÑO DE ESTUDIO

Se desarrolló un estudio de tipo transversal de validación concurrente el cual pretende comparar un método frente al instrumento Gold estándar en un punto determinado del tiempo (56).

FASES DE MEDICIÓN



Gráfica 1. Fases de medición.

PARTICIPANTES

En este estudio se incluyeron deportistas con amputación unilateral de miembros inferiores de Bogotá. Se definieron los siguientes criterios de inclusión: deportistas de alto rendimiento vinculados a alguna de las ligas reconocidas por Cundinamarca y Bogotá, amputación de uno de sus miembros inferiores (amputación unilateral) y deportistas que firmen el consentimiento informado el cual autorice la realización de la toma de mediciones y el uso de la información con fines científicos. Se excluyeron deportistas que puedan tener alguna lesión deportiva con edema o con amputación bilateral y desarticulación de muñeca o tobillo, ya que no generarían un cambio

significativo en el resultado del PG pues según el protocolo ISAK, no hay PC en los cuales se deba tomar en cuenta las articulaciones mencionadas para definir la variable a encontrar.

CÁLCULO DE TAMAÑO DE LA MUESTRA

Para el tamaño muestral se tuvo en cuenta un error alfa del 0.05 (valor $Z=-1,65$) y una potencia de 0,8 (beta= 1-0,8=0,2, valor $Z=-0,84$). Se calculó una muestra de 25 personas para obtener un ICC del 50%, es decir, que exista un 50% de probabilidad de que los métodos utilizados y el método DEXA tengan una similitud en los resultados del PG, con una potencia del 80% para demostrar significancia estadística. Anticipando una pérdida de datos del 20%, se deberán evaluar 30 sujetos (57)(58).

Se calculó el ICC ya que tiene en cuenta el ajuste de la magnitud de la diferencia de los métodos tomando la variabilidad intrasujeto (variabilidad con el mismo sujeto) y la intersujeto (variabilidad entre los sujetos).

$$n = 1 + \frac{2 (Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 k}{(\ln C_0)^2 (k-1)}$$

where,

$$C_0 = \frac{1+k\theta_0}{1+k\theta_1}$$

$$\theta_0 = \frac{R_0}{1-R_0} ; \theta_1 = \frac{R_1}{1-R_1}$$

Alfa:0,05 score $Z = -1,65$

Beta: 0,8 Score $Z = -0,84$

K (Número de mediciones por sujeto) =2

R0 (Hipótesis nula) =0,05 (correlación <0,05)

R1 (Hipótesis alterna) = 0,05 (correlación >0,05)

Co= $1+(2*1) / 1+(2*1) = 3/3=1$

$\theta_0 = 0,5/1-0,05= 1$

$\theta_1 = 0,5/1-0,05= 1$

Ln (logaritmo natural) =0

MUESTREO:

La muestra se seleccionó por conveniencia.

PROCEDIMIENTOS

Los sujetos fueron convocados a través de los entrenadores de Indeportes Cundinamarca y de la Unidad de Ciencias Aplicadas al Deporte UCAD del Instituto Distrital de Recreación y Deporte (IDRD). Se informaron sobre los procedimientos, beneficios y riesgos asociados a las mediciones. Una vez los deportistas aceptaron participar en el proyecto de investigación, se realizó una llamada telefónica para agendar la cita para la toma de mediciones. Se solicitó a los participantes llegar a la UCAD, al consultorio de Nutrición de IDRD y se les indicó llevar indumentaria

adecuada para realizar las mediciones sin cremalleras u objetos metálicos. Las mediciones antropométricas y con el DEXA se realizaron el mismo día, bajo las mismas condiciones por medio de 2 evaluadores los cuales están certificados con el protocolo de la Sociedad Internacional de Avances en Cineantropometría (ISAK) para la toma de PC. Se inició con la lectura y firma del consentimiento informado y el registro de datos demográficos del deportista.

Los PC fueron medidos utilizando la plicometría. En primera instancia, se realizaron las marcaciones de los puntos antropométricos con un lápiz demográfico para los siguientes PC: Biceps, Tríceps, subescapular, cresta iliaca, supra espinal, abdominal, muslo y pierna. Seguido de esto, se realizó la toma de cada PC, teniendo en cuenta que se toma primero la medición de todos los PC y en seguida se realiza la segunda toma de medición de los PC en el mismo orden. Finalmente, se realizó una tercera toma de los PC a las medidas que tuvieron una diferencia mayor al 5% entre la primera y segunda medición según lo propuesto por el protocolo, con el fin de garantizar la precisión de los resultados (12).

Para la creación de la fórmula se recolectaron los datos, los cuales se organizaron en la misma base de datos y se procedió con el análisis estadístico que se explicará en la sección de análisis estadístico.

VARIABLES:

VARIABLES INDEPENDIENTES				
VARIABLES CENTRADAS EN EL DEPORTISTA				
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	TIPO DE VARIABLE Y ESCALA	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO DE MEDICIÓN
Sexo	Características biológicas y fisiológicas que definen al hombre y a la mujer	Cualitativa nominal	Masculino, femenino u otro	Encuesta
Edad	Lapso que transcurre desde el nacimiento hasta el momento de referencia.	Cuantitativa discreta	Años	Encuesta
Talla	Es una medida convencional usada para indicar la estatura de las personas y con frecuencia es utilizada para valorar el estado nutricional.	Cuantitativa continua	Centímetros	SECA sin uso de la prótesis
Peso	Es el resultado de todos los tejidos	Cuantitativa continua	kilogramos	Bascula sin uso de la prótesis

	que conforman el cuerpo humano y este valor se puede obtener por medio de una báscula			
Nivel de amputación	<p>Resección completa y definitiva de una parte o totalidad de una extremidad, generada por una enfermedad o por un evento traumático.</p> <p>Existen diferentes niveles de amputación de miembros inferiores, los cuales son:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Desarticulación de cadera. •Amputación transfemoral. •Desarticulación de rodilla. •Amputación transtibial. •Desarticulación de cuello de pie (Symes). •Amputación de Chopart. •Amputaciones parciales de pie. 	Cualitativa nominal	<ul style="list-style-type: none"> •Desarticulación de cadera. •Amputación transfemoral. •Desarticulación de rodilla. •Amputación transtibial. •Desarticulación de cuello de pie (Symes). •Amputación de Chopart. •Amputaciones parciales de pie. 	Evaluación física

Tabla 4. Variables independientes.

VARIABLES DEPENDIENTES					
VARIABLES CENTRADAS EN EL DEPORTISTA					
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	TIPO DE VARIABLE Y ESCALA	UNIDAD DE MEDIDA	DE	MÉTODO DE MEDICIÓN

Porcentaje graso	Proporción de grasa que se encuentra en el organismo.	Cuantitativa continua	Porcentaje	Plicometría y aplicación de las ecuaciones predictivas. Formulas: Jackson y Pollock, Durnnin y Womersley, Forsyth y Sinning, Thorland, Ball, Sloan, Eston, O'Connor, Carter, Faulkner y Slaughter, Cavedon, Frost y DEXA
VARIABLES MEDIADORAS				
VARIABLE	DEFINICIÓN	TIPO DE VARIABLE Y ESCALA	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO DE MEDICIÓN
Índice de masa corporal	Es el peso de una persona en kilogramos dividido por el cuadrado de la estatura en metros	Cuantitativa continua	(Kg/m ²)	Bascula y tallímetro
Indice de masa corporal ajustado por la Amputee Coalition	Es el peso corporal estimado de acuerdo con la proporción del nivel de amputación	Cuantitativa continua	(Kg/m ²)	Bascula y tallímetro
Pliegues cutáneos	Son zonas con puntos antropométricos específicos que permiten cuantificar el volumen graso corporal, el cual constituye un método sencillo y de bajo costo que	Cuantitativa continua	Milímetros	Plicómetro

	permite determinar la composición corporal del sujeto			
VARIABLES MODERADORAS				
VARIABLE	DEFINICIÓN	TIPO DE VARIABLE Y ESCALA	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO DE MEDICIÓN
Calibración de equipos	Es la acción de comparar un equipo que está siendo evaluado, con respecto a los valores reglamentados.	Cualitativa nominal Convertir en cualitativa Si o no	No aplica	Encuesta binaria
Experticia del evaluador	Experiencia y conocimiento acerca de la toma de mediciones antropométricas DEXA y Plicometría	DEXA: Cualitativa nominal Plicometría: Cualitativa ordinal	No aplica	DEXA: Encuesta binaria. Plicometría: Nivel de certificación ISAK ISAK I ISAK II ISAK III
Obesidad	Exceso de tejido adiposo que puede perjudicar la salud y de esta manera, desencadenar múltiples enfermedades crónicas no transmisibles como la hipertensión arterial, la diabetes, entre otras, pueden llevar hasta la muerte	Cualitativa nominal	No aplica	Medición del IMC: IMC > 30: Si IMC < 30: No

Medición del DEXA y PC en el mismo día	Toma de medidas antropométricas el mismo día, a la misma hora y bajo las mismas condiciones.	Cualitativa nominal	No aplica	Encuesta binaria Si/No
--	--	---------------------	-----------	------------------------

Tabla 5. Variables dependientes, moderadoras y mediadoras.

GRÁFICO DE VARIABLES INDEPENDIENTES, DEPENDIENTES, MODERADORAS Y MEDIADORAS

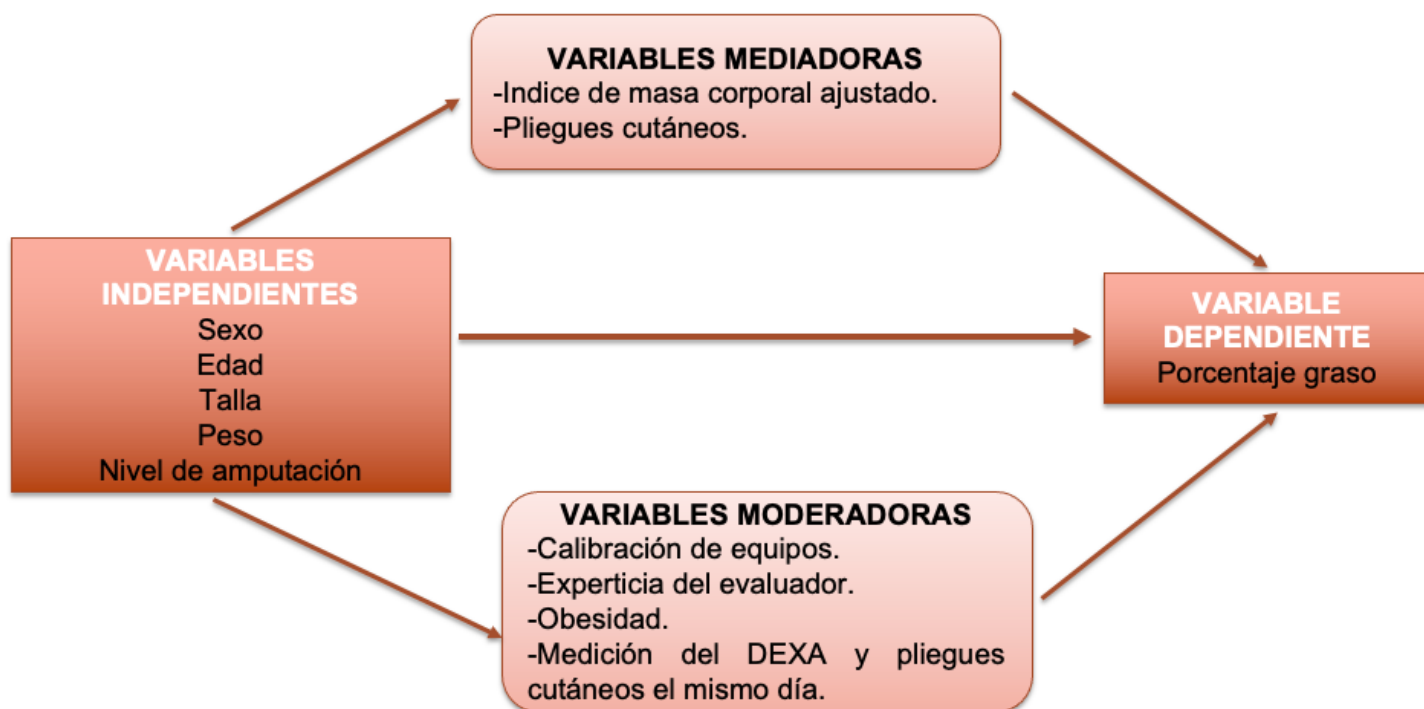


Gráfico 2. Variables independientes, dependientes, moderadoras la cual puede modificar el resultado de la variable dependiente, y mediadoras las cuales permiten entender como la variable independiente contribuye al resultado del PG.

Se definió PG como variable dependiente porque es el resultado que se va a obtener de acuerdo con las mediciones, ecuaciones y creación de fórmula que se va a realizar. Sin embargo, al ser un estudio de validación no se tienen en cuenta variables independientes y dependientes.

CONTROL DE SESGOS:

Tipo de sesgo	Explicación	Control
Sesgo de selección	Deportistas con desarticulación de tobillo y muñeca.	Aplicación estricta de criterios de inclusión y exclusión.

Sesgo de información	Falta de conocimiento para la toma de mediciones antropométricas.	Capacitación del personal para la toma de mediciones por medio del protocolo ISAK.
	Toma de mediciones en diferentes días, en diferente franja horaria y con diferentes instrumentos	Toma de mediciones en el mismo momento bajo las mismas condiciones.
	La persona que hará la confirmación de los resultados estadísticos tiene conocimiento de las medidas de la muestra.	La persona que hará la confirmación de los resultados estadísticos no conoce la muestra.

Tabla 6. Control de sesgos presentes en el proyecto de investigación.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

El análisis estadístico se realizó mediante el programa estadístico SPSS. Se realizaron los análisis descriptivos, resumiendo las variables cuantitativas continuas mediante promedios y desviación estándar y las variables cualitativas nominales mediante porcentajes. La prueba de Shapiro Wilk se utilizó para determinar si la distribución de los datos era paramétrica o no paramétrica. Se realizó la prueba t-student para muestras relacionadas con el fin de comparar el PG de los deportistas con amputación unilateral de miembros inferiores estimado a través de las fórmulas de Durnnin y Womersley, Forsyth y Sinning, Sloan, Eston, O'Connor, Carter, Faulkner, Slaughter y Frost. Se calculó la variable diferencia para cada individuo entre los dos métodos, seguido de esto, el promedio de la diferencia, la desviación estándar de la media de la diferencia y el valor crítico (n-1) el cual es 26, para así determinar la t-student(59). Se calculó el CCI para identificar el grado de acuerdo entre las fórmulas antropométricas reportadas y el DEXA. Un valor de CCI de 0 indicó un grado de acuerdo pobre entre instrumentos, un valor entre 0,01-0,20 grado de acuerdo leve, 0,21-0,40 grado de acuerdo regular, 0,41-0,60 grado de acuerdo moderado, 0,61-0,80 grado de acuerdo substancial y 0,81-1,00 grado de acuerdo casi perfecto (59). Un valor de p menor a 0,05 se tomó como resultado estadísticamente significativo. Para la exploración de la derivación de la fórmula que permita estimar el PG en deportistas con amputación unilateral, se realizó un modelo de regresión lineal múltiple enfocado en el modelo jerárquico donde se analizó si existía una relación entre cada variable, por medio del cálculo de coeficiente de correlación de Pearson o Spearman, de acuerdo con la normalidad de los datos (53). Seguido de esto, se ingresaron primero las variables más novedosas las cuales fueron IMC ajustado por la Amputee Coalition siendo la principal variable explicatoria, edad, sexo, envergadura y sumatoria de tres PC (bíceps, abdomen, muslo). El coeficiente de determinación ajustado (R^2) y el error estándar de estimación se utilizaron para representar la bondad de ajuste del modelo predictor (59). Para cada modelo se evaluó la homocedasticidad, multicolinealidad y normalidad de residuos, en el cual, aquel modelo que cumpliera con todos los supuestos se escogía para ser la nueva fórmula predictiva.

MECANISMOS PARA GARANTIZAR LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN

Los investigadores que realizaron la toma de los PC fueron capacitados con el protocolo ISAK, el cual garantiza la precisión y exactitud de las medidas a tomar. Además, una vez se iniciaron las mediciones, se tuvo una copia física y una copia electrónica de los resultados de las mediciones por deportista.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

Los centros de investigación involucrados en el estudio son el centro de Estudios de la Medición de la Actividad Física (CEMA), Unidad de Ciencias Aplicadas (UCAD) y el Instituto Distrital de Recreación y Deporte (IDRD).

Se realizó un acuerdo de investigación entre ambas partes entre los investigadores y coinvestigadores:

Investigadores principales:

Ximena Saavedra Bernal

Laura Victoria Rivera Amézquita

Coinvestigadores:

Diana Carolina Escorcia: Logística del IDRD

Diana Ramos Caballero: Logística del proyecto y aportación de la idea.

Miguel Alexander Niño Rey.

Este proyecto hizo cumplimiento de los principios de bioética Belmont: autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia, los cuales permiten darle un enfoque de sensibilidad social a la investigación, para que, de esta manera, se eviten excesos o abusos, protegiendo la dignidad y la vulnerabilidad de los sujetos de investigación. Se cumplió con los lineamientos de la Declaración de Helsinki, respecto al trabajo de investigación en seres humanos y el proyecto fue aprobado por el comité de ética de la Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud de la Universidad del Rosario bajo el número 1087-CV1181.

Según la resolución No 008430 de 1993, este proyecto de investigación se encuentra en la primera categoría, la cual especifica que es una investigación con riesgo mínimo, ya que se realizó la toma de mediciones a personas con discapacidad que padecen de una amputación unilateral de miembros inferiores y tienen una restricción limitada en su movilidad. Para este proyecto de investigación, se realizaron un mínimo de desplazamientos en el consultorio de nutrición de la UCAD y de la clínica CAYRE, los cuales, pueden generar un riesgo mínimo de caídas a los participantes, debido a su discapacidad y a la recurrencia de desplazamientos. Sin embargo, al ser la población incluida en este estudio deportistas de alto rendimiento, presentan destrezas que permiten tener una buena movilidad con la tecnología de asistencia que utilizan. No obstante, se tuvieron en cuenta todos los cuidados y el transporte adecuado para evitar en lo más mínimo cualquier tipo de evento adverso. Además, se hizo cumplimiento de la ley 23 de 1981, la cual considera como principio general, no realizar ningún tipo de intervención sin antes contar con la previa autorización de los sujetos. Por tal motivo, se realizó un consentimiento informado con todas las especificaciones acerca de los procedimientos a realizar, los beneficios y los posibles riesgos generados por la participación de este proyecto.

Una vez realizadas las mediciones antropométricas, la información fue reportada en una base de datos la cual tendrán acceso solo a personas que se encuentren directamente implicadas en la investigación. Se hizo entrega de manera individualizada de los resultados obtenidos con el DEXA y la plicometría, junto con un análisis fisioterapéutico que le permitió entender el uso y la importancia de la información brindada.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS:

No se identifica conflicto de interés potencial.

RESULTADOS:

Participaron 27 deportistas entre 29 a 40 años, con una proporción de 81,4% hombres y 18,5% mujeres. La tabla 7 describe las características generales de la muestra y la distribución por sexo.

Variables	Total (n= 27)	Mujeres (n=5)	Hombres (n=22)	p valor
Edad (Años)	32,85 ± 7,37	27,4 ± 6,69	37,09 ± 14,04	0,065
Peso (Kg)	69,51 ± 13,38	54,2 ± 11,21	73 ± 11,37	0,001
Talla (cm)	167,62 ± 6,80	159,6 ± 4,44	169,45 ± 5,88	0,000
IMC (kg/m²)	24,59 ± 3,68	21,28 ± 4,43	25,34 ± 3,13	0,000
Deporte n (%)	Total n= 27 (%)	Mujeres (n=4)	Hombres (n=23)	
Atletismo	6 (21,43)	0	6	
Paracycling	3 (10,71)	1	2	
Para powerlifting	4 (14,29)	2	2	
Esgrima en silla de ruedas	1 (3,57)	0	1	
Natación paralímpica	2 (7,14)	1	1	
Tenis en silla de ruedas	2 (7,14)	0	2	
Tiro con arco	2 (10,41)	0	2	
Triatlón	3 (10,71)	0	3	
Voleibol sentado	4 (14,29)	0	4	
Tipo de amputación				
Desarticulación de cadera	3 (10,71)	2	1	
Amputación transfemoral	9 (33,33)	1	8	
Amputación transtibial	15 (55,55)	2	13	
	27 (100)			

Tabla 7. Características generales de la muestra y su distribución por deporte.

DIFERENCIAS Y CORRELACIONES ENTRE LAS FÓRMULAS VS DEXA

La tabla 8 presenta los resultados relacionados con las diferencias y las correlaciones entre el PG estimado con el DEXA vs las fórmulas antropométricas diseñadas para personas convencionales y deportistas con amputación. Todas las fórmulas subestimaron significativamente el PG en comparación con el DEXA. Las fórmulas que se acercaron más al resultado DEXA fueron Durnnin y Womersley (diferencia= 3,86%, valor $p < 0,001$), seguida de Frost (diferencia= 7,50%, valor $p = 0,023$). Las fórmulas que más se alejaron del resultado fueron Carter (diferencia= 13,32%, valor $p < 0,001$) y Sloan (diferencia= 10,50%, valor $p < 0,001$). La tabla 9 representa la clasificación del coeficiente de correlación intraclase Según Mandeville, el cual fue considerado leve para la fórmula de Frost, substancial para Forsyth y Sinning y Slaughter, y casi perfecto para Durnnin y Womersley, Sloan, Eston, O'Connor, Carter y Faulkner (52). A pesar de que los resultados tuvieron una muy buena correlación, se identifica que tienen diferencias significativas en comparación con el DEXA dada por la dispersión de la muestra, ya que, al tener una muestra heterogénea, el ICC tiende a ser mayor porque compara la varianza de los sujetos con la varianza total observada.

CCI	AUTOR	FÓRMULA
Leve	Frost	$PG = (1,20 \times IMC) + (0,23 \times edad (y)) - (10,8 \times sexo) - 5,4$
Substancial	Forsyth y Sinning	$DC = 1.1103 - (0.00168 \cdot SE) - (0.00127 \cdot AB)$
	Slaughter	$M = PG = 1,33(TR + SE) - 0,013(TR + SE)^2 - 2,5$ $H = PG = 1,21(TR + SE) - 0,008(TR + SE)^2 - 3,4$
Casi perfecto	Durnnin y Womersley	$DC = 1.1765 - [0.0744 \cdot \log_{10}(BI + TR + SE + SI)]$
	Sloan	$DC = 1.1043 - (0.001327 \cdot MS) - (0.00131 \cdot SE)$
	Eston	$PG = [0.12 \cdot (BI + TR + SE + SI)] + [0.36 \cdot (MS + PI)] + 1.61$
	O'Connor	$PG = [0.272 \cdot (TR + SI + MS)] - [0.0005 \cdot (TR + SI + MS)] + 4.972$
	Carter	$\sum 6PC: TR, SE, SI, AB, MS, PI.$ $H: PG = 2,585 + (0,1051 \times \sum 6PC)$ $M: PG = 3,5803 + (0,1548 \times \sum 6PC)$
	Faulkner	$\sum 4PC = TR, SE, SI, AB.$ $H = PG = (\sum 4PC \times 0,15) + 5,783$ $M = PG = (\sum 4PC \times 0,213) + 7,9$

Tabla 9. DC: Densidad corporal, SE: Subescapular, AB: Abdominal, BI: Bíceps, TR: Tríceps, SI: Suprailíaco, MS: Muslo, PI: Pierna.

Fórmulas	Estadística descriptiva		Prueba t student muestras pareadas				ICC		
	Media	Desviación estándar	Diferencia	intervalos de confianza 95%		p valor	Correlación	Intervalos de confianza	
				inferior	superior			inferior	superior
PG DEXA	27,059	6,82							
Forsyth y Sinning	22,90	10,73	4,15	0,57	7,72	0,025	0,66 substancial	0,26	0,84
Durnnin y Womersley	23,19	5,59	3,86	2,00	5,73	<0,001	0,83 casi perfecto	0,63	0,92
Sloan	16,55	7,01	10,50	8,67	12,34	<0,001	0,87 casi perfecto	0,72	0,94
Eston	17,53	5,63	9,52	7,84	11,20	<0,001	0,86 casi perfecto	0,71	0,94
O'Connor	18,35	4,50	8,70	6,93	10,48	<0,001	0,82 casi perfecto	0,61	0,91
Frost	23,00	5,51	4,05	0,60	7,50	0,023	0,10 leve	-0,37	0,37
Carter	13,73	5,12	13,32	11,77	14,88	<0,001	0,88 casi perfecto	0,74	0,94
Faulkner	18,25	5,05	8,80	6,96	10,65	<0,001	0,82 casi perfecto	0,61	0,91
Slaughter	17,01	7,18	10,04	7,68	12,39	<0,001	0,78 substancial	0,51	0,90

Tabla 8. Análisis de la correlación entre el PG obtenido por las fórmulas antropométricas y el PG obtenido mediante el DEXA

DERIVACIÓN DE LA FÓRMULA

Al derivar la fórmula antropométrica se ingresaron las variables de edad, sexo, IMC ajustado por la Amputee Coalition, envergadura y sumatoria de tres pliegues cutáneos (bíceps, abdomen, muslo), como predictores potenciales en el análisis de la regresión lineal múltiple paso a paso. Se obtuvo un modelo estadísticamente significativo comparando la fórmula diseñada con el método DEXA ($R^2=0,85$, p valor $<0,001$). El modelo fue el siguiente:

$$Y = 62,75 - 0,57(\text{tríceps}) - 8,81(\text{sexo } 1 = \text{mujer, } 0 = \text{hombre}) - 0,22(\text{edad}) + 0,65(\text{IMC ajustado por la Amputee Coalition}) + 0,49(\text{sumatoria 3 pliegues (bíceps, abdominal y muslo)}) - 0,26(\text{envergadura en cm})$$

Se comprueban los supuestos de homocedasticidad con un valor $p=0,37$, el cual indica que la varianza de los errores es constante a lo largo del tiempo. El factor de inflación de la varianza estuvo entre 1,49 a 4,93 para todas las variables predictoras, lo que indica que la multicolinealidad entre las variables del modelo era débil. Finalmente, el modelo cumple con el supuesto de normalidad con un p valor $=0,30$. El paso a paso de la derivación de la fórmula se encuentra en el chivo archivo anexo #1.

DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la validez concurrente de las fórmulas diseñadas en deportistas con amputación unilateral de miembros inferiores. A la luz de los resultados se puede discutir que un hallazgo principal fue que todas las fórmulas antropométricas subestimaron el PG de manera significativa en comparación con el DEXA. La fórmula Durnnin y Womersley tuvo la menor diferencia con un resultado de 3,86% en comparación con el DEXA. Otros resultados se encuentran alineados con nuestro hallazgo. Wattanapenpaiboon y cols, encontraron una diferencia estadísticamente significativa entre esta fórmula y el DEXA (diferencia=3,2%, $p<0,001$) en las mujeres, mientras que no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los hombres, ambos sin presentar amputación (14). En otro estudio realizado en deportistas con amputación unilateral de miembros inferiores, la fórmula de Durnnin y Womersley fue la única capaz de predecir el PG de manera correcta en comparación con el DEXA (diferencia=0,51%, p valor=0,221), mientras que las fórmulas de Sloan, Eston y O'Connor subestimaron los resultados en comparación con el DEXA (diferencia=4,16%, diferencia=2,77%, diferencia=3,17%, respectivamente, p valor $<0,001$) (22). Es importante resaltar que la muestra de los estudios mencionados fue similar a la nuestra, lo cual permite realizar comparaciones. Por otro lado, otro estudio realizado en atletas masculinos convencionales, reportó una diferencia con la fórmula de Forsyth y Sinning que, por el contrario, se encontró que la fórmula sobrestimó los resultados comparados con el DEXA (diferencia=1,61%, p valor=0,031) (18). Sin embargo, cabe resaltar que los participantes de dicho estudio no compartían las mismas características del nuestro, ya que eran atletas masculinos sin amputación (18).

En cuanto a las fórmulas Slaughter, Carter y Faulkner, las cuales están diseñadas para aplicar en concordancia con el protocolo ISAK que tiene en cuenta ocho pliegues cutáneos (bíceps, tríceps, subescapular, suprailíaco, supraespinal, abdominal, muslo y pierna), subestimaron el resultado en comparación con el DEXA (27). Urrejola y colaboradores aplicaron la fórmula de Slaughter a hombres y mujeres sanos, en los cuales los resultados arrojaron una diferencia estadísticamente significativa, subestimando el valor del PG en comparación con el DEXA (diferencia=5,55%, p valor $<0,001$) (27). Para

las fórmulas Carter y Faulkner se encontró que dichas fórmulas subestimaron el PG frente al DEXA en futbolistas de equipos profesionales colombianos (diferencia Carter= 5,87%, diferencia Faulkner=1,89%, p valor < 0,001) (49). Sin embargo, dichos hallazgos, a pesar de que son coherentes con los encontrados en nuestro estudio, no son del todo comparables por la diferencia entre las poblaciones.

La fórmula generada por Frost, la cual está diseñada para personas con amputación unilateral de miembros inferiores, arrojó una diferencia estadísticamente significativa en comparación con el DEXA, subestimando el PG (diferencia= 4,05%, p valor=0,023). Dichos hallazgos se encuentran en concordancia con el artículo que realizó Frost en personas sanas con amputación unilateral de miembros inferiores (23). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en comparación con el DEXA (diferencia= 1,2%, p valor <0,001 respectivamente). A pesar de que los resultados son similares con los del presente estudio, la diferencia reportada en el artículo de Frost fue menor a la diferencia encontrada en nuestro proyecto debido a que la población del estudio presentó una homogeneidad en los datos tomados de las personas y garantizó tener una menor diferencia y mejor consistencia en los resultados (23).

Por otra parte, se observó que a medida que aumentaba el peso en los deportistas, las diferencias de las fórmulas frente al DEXA eran cada vez más amplias y no se mantenía el mismo patrón. Las causas atribuibles a esta variabilidad se debe al aumento comparativo de la grasa subcutánea dada la influencia de las variaciones en la distribución de la grasa y la dificultad de la técnica para obtener los PC en personas con sobrepeso (60)(61).

En cuanto al coeficiente de correlación intraclase, en el presente estudio, la fórmula de Durnnin y Womersley tuvo una correlación casi perfecta (ICC= 0,83). Se reportan resultados similares en el estudio realizado en deportistas con amputación unilateral de miembros inferiores, en el cual también se obtuvo una correlación casi perfecta (ICC= 0,83) (22). Sin embargo, en un estudio realizado en futbolistas de equipos profesionales colombianos sin amputación, se obtuvo una correlación substancial (ICC= 0,62) (49). Para la fórmula Sloan, en nuestra investigación se encontró una correlación casi perfecta (ICC= 0,87), a diferencia del estudio realizado por Cavedon en el cual se reporta una correlación buena (ICC= 0,61). Para las fórmulas de Eston y O'Connor se encontraron resultados similares en comparación con nuestro estudio (Eston=0,86, O'Connor = 0,65) (22). Para las fórmulas Carter y Faulkner, los resultados obtenidos fueron semejantes a los resultados en un estudio realizado por Kemmerer y colaboradores, en el cual encontraron una correlación substancial (ICC= 0,72) (49). Finalmente, para la fórmula Slaughter se encontró una diferencia con los resultados obtenidos en el presente estudio con una correlación substancial (ICC=0,78) en comparación con un estudio realizado en niños, el cual arrojó una correlación buena (ICC=0,55) (27). Sin embargo, al ser una población tan distinta, no se puede generar una comparación objetiva con dichos resultados.

Este estudio representa el primer intento en derivar una fórmula para determinar el PG en deportistas con amputación unilateral de miembros inferiores en Colombia. La fórmula antropométrica que fue capaz de predecir el 85% del PG tuvo en cuenta las siguientes variables: PC tríceps, sexo, edad, IMC propuesto por la Amputee Coalition, sumatoria de tres PC (bíceps, abdomen, muslo) y la envergadura. Es importante resaltar que en dicha fórmula propuesta que se tiene en cuenta el nivel de amputación por medio de la modificación del IMC que realizó la Amputee Coalition, en el cual, de acuerdo con su nivel de amputación, se asigna un porcentaje. Esto permite obtener un resultado objetivo y preciso para cada deportista. Además,

el tener en cuenta la envergadura, se obtiene un resultado más cercano de la altura de la persona que presenta pérdida de alguna extremidad de miembro inferior. Por tanto, esta fórmula puede ser utilizada una vez se realice una validación cruzada con otra población que cumpla con las mismas características y arroje resultados similares al presente estudio.

Cabe resaltar que este estudio presentó algunas limitaciones. La primera, fue el tamaño de la muestra reducido para responder al tercer objetivo enfocado en la exploración de la derivación de la fórmula, pues el análisis de tamaño muestral se realizó para identificar el grado de acuerdo de las fórmulas existentes en comparación con el DEXA. La segunda, fue el número de variables antropométricas que se recolectaron, ya que al seguir el protocolo ISAK, no se tomaron los PC pecho y axila, el cual no permitió incluir fórmulas que tuvieran en cuenta dichos pliegues y realizar la comparación frente al DEXA. La tercera, fue que no se tuvo en cuenta el tipo de deporte como variable dentro de las fórmulas, debido a que no fue posible dividir la muestra por deporte, ya que el tamaño de muestra fue reducido. Lo mencionado puede ser una variable que valdría la pena incluir para analizar si existen variaciones entre el DEXA y las fórmulas antropométricas con cada grupo de deporte.

Se recomienda para próximos estudios, tener en cuenta los PC pecho y axila para realizar una validación con todas las fórmulas creadas que incluyen los PC mencionados. Además, es necesario diseñar un protocolo para realizar la toma de PC en personas con amputación unilateral con el fin de estandarizar las mediciones que se deben tomar.

CONCLUSIÓN

Se puede concluir que las ecuaciones antropométricas diseñadas para población sin amputación no son precisas para ser aplicadas en deportistas con amputación unilateral de miembros inferiores para determinar el PG. Sin embargo, en cuanto a las fórmulas validadas para población convencional, la fórmula de Durnnin y Womersley es la que más se asemeja a los resultados del Gold estándar, por ende, es la más apropiada para determinar dicha variable, teniendo en cuenta la diferencia que existe entre métodos. Estos hallazgos, respaldan la necesidad de diseñar fórmulas antropométricas específicas para personas con dicha condición física. Como solución a esta problemática, se realizó el primer acercamiento en el cual se derivó una fórmula que permite determinar el PG, teniendo en cuenta como variables fundamentales los pliegues cutáneos (bíceps, abdomen y muslo), IMC ajustada por la Amputee Coalition y la envergadura. Por lo tanto, el personal de salud como deportólogos, nutricionistas y fisioterapeutas tendrán acceso a unas fórmulas predictivas de fácil acceso y no invasiva para monitorear la composición corporal en deportistas con amputación unilateral de miembros inferiores. Para ello, es necesario realizar una validación cruzada de nuestra fórmula para que de esa manera los profesionales de la salud puedan hacer uso de ella.

6. Productos de nuevo conocimiento científico o tecnológico esperados

- Borrador de un artículo científico.

7. Productos de formación esperados

8. Estrategia de divulgación de resultados y de apropiación de los conocimientos generados

Cómo se socializarán los resultados del proyecto con la comunidad científica y con la comunidad no científica, así como con la población involucrada en el estudio.

9. Impactos esperados

Enumerar los impactos que podría generar la ejecución del proyecto de investigación en uno o varios de los siguientes ámbitos: académico, social, ambiental, económico, científico, tecnológico, político, cultural u otros (especificar).

Parte III: Presupuesto y cronograma

1. Presupuesto (se debe adjuntar presupuesto mes a mes Anexo. No. 2 en formato Excel)

RUBROS	FUENTE			TOTAL
	Fondo Grandes	CONTRAPARTIDA		
		FACULTAD	OTROS ¹	
Personal ²				
Jóvenes investigadores	2.500.000			2.500.000
Asistentes de investigación	1.500.000			1.500.000
Asistentes graduados	2.500.000			2.500.000
Investigadores postdoctorales	4.000.000			4.000.000
Otros (especifique)				1.000.000
Equipos Nuevos				0
Software	540.000			540.000
Servicios Técnicos	0			0
Viajes y viáticos	0			0
Costos por estancias cortas de investigación	0			0
Materiales y Suministros	300.000			300.000
Salidas de Campo	0			0
Material Bibliográfico	400.000			400.000
Arrendamiento de equipos	350.000 por deportista			10.150.000
Trámite de licencias ambientales	0			0
Talleres ³	2.600.000			2.600.000
Publicaciones y Patentes ⁴	1.000.000			1.000.000
Imprevistos (3% del total)	3.000.000			3.000.000
OTROS (especifique)	4.000.000			4.000.000
TOTAL				33.490.000

1 por favor especifique la fuente que proveerá la contrapartida en caso de que el proyecto vaya a presentarse a otras convocatorias o que exista una contrapartida de otras instituciones participantes en el proyecto.

2Incluir contratación de jóvenes investigadores, asistentes graduados, estudiantes de doctorado que participarán en el proyecto, entre otros.

3Incluir costos asociados a talleres y eventos de socialización.

4Incluir costos asociados a traducción y edición de textos para publicación, así como costos de sometimiento de artículos cuando aplica.

Especificación otros gastos:

Si la propuesta ha sido presentada o va a presentarse a otras fuentes de financiación, por favor especifique las fuentes, montos solicitados y los cambios en el alcance del proyecto si es favorecido por mayores recursos.

Cronograma

OBJETIVOS	ACTIVIDAD	SEMESTRE 1	SEMESTRE 2	SEMESTRE 3	SEMESTRE 4
1,2,3	Revisión de la literatura y escritura de la propuesta de investigación.	X	X		
1	Diseño de protocolo de medición.	X			
1	Toma de mediciones antropométricas.	X			
1,2	Depuración de datos obtenidos en las mediciones.			X	
2	Cálculos de concordancia entre las ecuaciones antropométricas y el DEXA.			X	
3	Derivación de la fórmula para estimar el porcentaje graso.				X
---	Escritura de productos: Borrador de un artículo científico.				X

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Pietrobelli A, Heymsfield SB. Establishing body composition in obesity. *J Endocrinol Invest*. noviembre de 2002;25(10):884-92.
2. Santos DA, Dawson JA, Matias CN, Rocha PM, Minderico CS, Allison DB, et al. Reference Values for Body Composition and Anthropometric Measurements in Athletes. *PLOS ONE*. 15 de mayo de 2014;9(5):e97846.
3. Sitko S, Cirer Sastre R, López Laval I, Sitko S, Cirer Sastre R, López Laval I. Efectos de una dieta baja en hidratos de carbono en el rendimiento y la composición corporal de ciclistas entrenados. *Nutr Hosp*. diciembre de 2019;36(6):1384-8.
4. Ackland TR, Lohman TG, Sundgot-Borgen J, Maughan RJ, Meyer NL, Stewart AD, et al. Current status of body composition assessment in sport: review and position statement on behalf of the ad hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the I.O.C. Medical Commission. *Sports Med Auckl NZ*. 1 de marzo de 2012;42(3):227-49.
5. Thompson PD, Arena R, Riebe D, Pescatello LS. ACSM's New Preparticipation Health Screening Recommendations from ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription, Ninth Edition. *Curr Sports Med Rep*. agosto de 2013;12(4):215-7.
6. Pérez J, Reina R, Sanz D. La Actividad Física Adaptada para personas con discapacidad en España: perspectivas científicas y de aplicación actual. (Adapted Physical Activity for people with disability in Spain: scientific perspectives and current issues). *Cultura_Ciencia_Deporte*. 1 de noviembre de 2012;Vol, 7(21):213-24.
7. Ocampo ML, Henao LM, Vásquez L. AMPUTACIÓN DE MIEMBRO INFERIOR: CAMBIOS FUNCIONALES, INMOVILIZACIÓN Y ACTIVIDAD FÍSICA. :26.
8. Zbořilová V, Přidalová M, Kaplanová T. Body Fat Mass, Percent Body Fat, Fat-Free Mass, and Skeletal Muscle Mass Reference Curves for Czech Children Aged 6–11 Years. *Children*. 4 de mayo de 2021;8(5):366.
9. Tavares KB, Russell DM, Conrad RJ, Sizemore GC, Nguyen SH, Moon AY, et al. Time to weigh in on obesity and associated comorbidities in combat-wounded amputees. *J Trauma Acute Care Surg*. 1 de febrero de 2021;90(2):325-30.
10. Lorente Ramos RM, Azpeitia Armán J, Arévalo Galeano N, Muñoz Hernández A, García Gómez JM, Gredilla Molinero J. Absorciometría con rayos X de doble energía. Fundamentos, metodología y aplicaciones clínicas. *Radiología*. septiembre de 2012;54(5):410-23.
11. Moreira OC, Alonso-Aubin DA, de Paz JA. Métodos de evaluación de la composición corporal: una revisión actualizada de descripción, aplicación, ventajas y desventajas. :8.
12. Estandares_Internacionales_para_la_medicion_antropometrica.pdf [Internet]. [citado 25 de agosto de 2022]. Disponible en: https://www.uninut.org/images/material_ponentes/37/2/Estandares_Internacionales_para_la_medicion_antropometrica.pdf
13. Maximiliano Gris G. Componentes del somatotipo y ecuaciones antropométricas. *Apunts Med Esport*. 1 de enero de 2001;36(137):5-16.
14. Wattanapenpaiboon N, Lukito W, Strauss B, Hsu-Hage BHH, Wahlqvist M, Stroud D. Agreement of skinfold measurement and bioelectrical impedance analysis (BIA) methods with dual energy X-ray

absorptiometry (DEXA) in estimating total body fat in Anglo-Celtic Australians. *Int J Obes.* septiembre de 1998;22(9):854-60.

15. Shakibae A, Faghihzadeh S, Alishiri GH, Ebrahimpour Z, Faradjzadeh S, Sobhani V, et al. How Accurate Are the Anthropometry Equations in Iranian Military Men in Predicting Body Composition? *Asian J Sports Med.* diciembre de 2015;6(4):e23206.

16. Thorland WG, Johnson GO, Tharp GD, Housh TJ, Cisar CJ. Estimation of body density in adolescent athletes. *Hum Biol.* septiembre de 1984;56(3):439-48.

17. Ball SD, Altena TS, Swan PD. Comparison of anthropometry to DXA: a new prediction equation for men. *Eur J Clin Nutr.* noviembre de 2004;58(11):1525-31.

18. Sinning WE, Dolny DG, Little KD, Cunningham LN, Racaniello A, Siconolfi SF, et al. Validity of "generalized" equations for body composition analysis in male athletes. *Med Sci Sports Exerc.* febrero de 1985;17(1):124-30.

19. Gomes A, Landers G, Binnie M. Body composition assessment in athletes: Comparison of a novel ultrasound technique to traditional skinfold measures and criterion DXA measure - ClinicalKey [Internet]. [citado 7 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www-clinicalkey-es.ez.urosario.edu.co/#!/content/playContent/1-s2.0-S144024401930458X?returnurl=null&referrer=null>

20. Simim MAM, Silva BVC, Marocolo Júnior M, Mendes EL, Mello MT de, Mota GR da. Anthropometric profile and physical performance characteristic of the Brazilian amputee football (soccer) team. *Mot Rev Educ Física.* septiembre de 2013;19:641-8.

21. Goosey-Tolfrey V, de Zepetnek JOT, Keil M, Brooke-Wavell K, Batterham A. Tracking within-athlete changes in whole body fat percentage in wheelchair athletes. 31 de enero de 2021 [citado 25 de agosto de 2022]; Disponible en:

https://repository.lboro.ac.uk/articles/journal_contribution/Tracking_within-athlete_changes_in_whole_body_fat_percentage_in_wheelchair_athletes/11742906/1

22. Cavedon V, Sandri M, Venturelli M, Zancanaro C, Milanese C. Anthropometric Prediction of DXA-Measured Percentage of Fat Mass in Athletes With Unilateral Lower Limb Amputation. *Front Physiol* [Internet]. 2020 [citado 25 de agosto de 2022];11. Disponible en:

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2020.620040>

23. Frost AP, Norman Giest T, Ruta AA, Snow TK, Millard-Stafford M. Limitations of body mass index for counseling individuals with unilateral lower extremity amputation. *Prosthet Orthot Int.* abril de 2017;41(2):186-93.

24. San Mauro Martín I, Cevallos V, Pina Ordúñez D, Garicano Vilar E. Nutritional, anthropometrical and psychological aspects in rhythmic gymnastics. *Nutr Hosp.* 1 de enero de 2016;33(4):865-71.

25. Kapelrud H. Underekstremitetsamputasjoner og diabetes. *Tidsskr Den Nor Legeforening* [Internet]. 7 de septiembre de 2006 [citado 29 de septiembre de 2022]; Disponible en:

<https://tidsskriftet.no/2006/09/aktuelt/underekstremitetsamputasjoner-og-diabetes>

26. Vela E. Los amputados y su rehabilitación. Un reto para el estado. [Internet]. Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología. Academia Nacional de Medicina de México; Disponible en:

https://www.anmm.org.mx/publicaciones/ultimas_publicaciones/Rehabilitacion.pdf

27. Urrejola N P, Hernández C MI, Icaza N MG, Velandia A S, Reyes G ML, Hodgson B MI. Estimación de masa grasa en niños chilenos: ecuaciones de pliegues subcutáneos vs densitometría de doble fotón. *Rev Chil Pediatría.* diciembre de 2011;82(6):502-11.

28. Reina R, Vivaracho I, García-Alaguero JL, Roldán A. GUÍA SOBRE LA CLASIFICACIÓN EN EL DEPORTE PARALÍMPICO. :158.

29. Bragaru M, Dekker R, Geertzen JHB, Dijkstra PU. Amputees and Sports. *Sports Med.* 1 de septiembre de 2011;41(9):721-40.
30. Gibson J. Lower limb amputation. *Nurs Stand R Coll Nurs G B* 1987. 28 de abril de 2001;15(28):47-52; quiz 54-5.
31. Kuriyan R. Body composition techniques. *Indian J Med Res.* noviembre de 2018;148(5):648-58.
32. González Jiménez E. Composición corporal: estudio y utilidad clínica. *Endocrinol Nutr.* 1 de febrero de 2013;60(2):69-75.
33. Mohammed MS, Sendra S, Lloret J, Bosch I. Systems and WBANs for Controlling Obesity. *J Healthc Eng.* 2018;2018:1564748.
34. Nikolaidis PT. Physical fitness is inversely related with body mass index and body fat percentage in soccer players aged 16-18 years. *Med Pregl.* 2012;65(11-12):470-5.
35. Miller TA, White ED, Kinley KA, Congleton JJ, Clark MJ. The effects of training history, player position, and body composition on exercise performance in collegiate football players. *J Strength Cond Res.* febrero de 2002;16(1):44-9.
36. Cherif M, Said MA, Bannour K, Alhumaid MM, Chaifa MB, Khammassi M, et al. Anthropometry, body composition, and athletic performance in specific field tests in Paralympic athletes with different disabilities. *Heliyon.* marzo de 2022;8(3):e09023.
37. Cummings SR, Bates D, Black DM. Clinical use of bone densitometry: scientific review. *JAMA.* 16 de octubre de 2002;288(15):1889-97.
38. Albanese CV, Diessel E, Genant HK. Clinical applications of body composition measurements using DXA. *J Clin Densitom Off J Int Soc Clin Densitom.* 2003;6(2):75-85.
39. Padilla CJ, Ferreyro FA, Arnold WD. Anthropometry as a readily accessible health assessment of older adults. *Exp Gerontol.* 1 de octubre de 2021;153:111464.
40. Eckard CS, Pruziner AL, Sanchez AD, Andrews AM. Metabolic and body composition changes in first year following traumatic amputation. *J Rehabil Res Dev.* 2015;52(5):553-62.
41. Ildeliza Sierra Torrescano MDL. Estimación de la talla; adaptando la técnica de medición altura talón-rodilla con regla y escuadra. *Enferm Univ [Internet].* 16 de abril de 2018 [citado 8 de octubre de 2022];6(3). Disponible en: <http://revista-enfermeria.unam.mx:80/ojs/index.php/enfermeriauniversitaria/article/view/331>
42. Borga M, West J, Bell JD, Harvey NC, Romu T, Heymsfield SB, et al. Advanced body composition assessment: from body mass index to body composition profiling. *J Investig Med.* 1 de junio de 2018;66(5):1-9.
43. Okorodudu DO, Jumean MF, Montori VM, Romero-Corral A, Somers VK, Erwin PJ, et al. Diagnostic performance of body mass index to identify obesity as defined by body adiposity: a systematic review and meta-analysis. *Int J Obes.* mayo de 2010;34(5):791-9.
44. Ramírez-Vélez R, Suárez-Ortegón MF, Aguilar de Plata AC. Asociación entre adiposidad y factores de riesgo cardiovascular en infantes pre-púberes. *Endocrinol Nutr.* 1 de noviembre de 2011;58(9):457-63.
45. Milanese C, Piscitelli F, Lampis C, Zancanaro C. Anthropometry and body composition of female handball players according to competitive level or the playing position. *J Sports Sci.* 1 de septiembre de 2011;29(12):1301-9.
46. Sarría A, García-Llop LA, Moreno LA, Fleta J, Morellón MP, Bueno M. Skinfold thickness measurements are better predictors of body fat percentage than body mass index in male Spanish children and adolescents. *Eur J Clin Nutr.* agosto de 1998;52(8):573-6.

47. Esparza F, Vaquero R, Marfell-Jones M. PROTOCOLO INTERNACIONAL PARA LA VALORACIÓN ANTROPOMÉTRICA(2019). Universidad Católica San Antonio de Murcia: UCAM Universidad Católica de Murcia, 2019; 2019.
48. Krzywicki HJ, Chinn KS. Human body density and fat of an adult male population as measured by water displacement. *Am J Clin Nutr.* abril de 1967;20(4):305-10.
49. Kammerer López M, Ceballos Feria N del C, Mayor Rengifo MC, Hoyos García HH, Gómez Velásquez S, Kammerer López M, et al. Evaluación de la exactitud de distintas fórmulas de predicción de la composición corporal, comparadas con la absorciometría de energía dual de rayos X, en futbolistas de equipos profesionales colombianos. *Nutr Hosp.* abril de 2021;38(2):290-7.
50. Villasís-Keever MÁ, Márquez-González H, Zurita-Cruz JN, Miranda-Novales MG, Escamilla-Núñez A. El protocolo de investigación VII. Validez y confiabilidad de las mediciones. *Rev Alerg México.* 15 de octubre de 2018;65(4):414-21.
51. Lalinde JDH, Tarazona EP. Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. 2018;9.
52. Mandeville PB. Tema 9: El coeficiente de correlación intraclase (ICC). 2005;(3):4.
53. Rodrigo J. Introducción a la Regresión Lineal Múltiple [Internet]. 2016 [citado 24 de octubre de 2022]. Disponible en: https://www.cienciadedatos.net/documentos/25_regresion_lineal_multiple
54. Rojo JM, Abuín JMR. Regresión lineal múltiple. :32.
55. Rodríguez EM. Errores frecuentes en la interpretación del coeficiente de determinación lineal. :7.
56. Cvetković Vega A, Maguiña JL, Soto A, Lama-Valdivia J, Correa López LE. Cross-sectional studies. *Rev Fac Med Humana.* 12 de enero de 2021;21(1):164-70.
57. Bujang MA, Baharum N. A simplified guide to determination of sample size requirements for estimating the value of intraclass correlation coefficient: a review. *Arch Orofac Sci [Internet].* 21 de noviembre de 2017 [citado 22 de octubre de 2022];12(1). Disponible en: <http://mymedr.afpm.org.my/publications/55349>
58. PASS. Lin's Concordance Correlation Coefficient. En.
59. Martínez M, Sánchez A, Toledo E, Fajardo J. Bioestadística amigable. Tercera edición. Elsevier;
60. Urrejola NP, Hernández CMI, Icaza MG, Velandia AS, Reyes GML, Hodgson BMI. Estimación de masa grasa en niños chilenos: ecuaciones de pliegues subcutáneos vs densitometría de doble fotón. *Rev Chil Pediatría.* diciembre de 2011;82(6):502-11.
61. Gray DS, Bray GA, Bauer M, Kaplan K, Gemayel N, Wood R, et al. Skinfold thickness measurements in obese subjects. *Am J Clin Nutr.* abril de 1990;51(4):571-7.