



**COMPOSICIÓN CORPORAL SEGMENTARIA COMO FACTOR PREDICTIVO
DE LA FUERZA MÁXIMA DE BRAZOS DE DEPORTISTAS DEL VALLE DEL
CAUCA**

Autor

LUIS FERNANDO GONZÁLEZ ARANGO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

FACULTAD DE SALUD

MAESTRÍA EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE

MANIZALES

2018

**COMPOSICIÓN CORPORAL SEGMENTARIA COMO FACTOR PREDICTIVO
DE LA FUERZA MÁXIMA DEL BRAZO DE DEPORTISTAS DEL VALLE DEL
CAUCA**

**LUIS FERNANDO GONZÁLEZ
ARANGO**

**Proyecto de grado para optar al título de Magister en actividad física
y deporte**

Tutores

José Hernán Parra

José Armando Vidarte Claros

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
MANIZALES FACULTAD DE SALUD
MAESTRÍA EN ACTIVIDAD FÍSICA Y
DEPORTE MANIZALES, 2018**

DEDICATORIA

A Dios y a mi Madre Ana Milena Arango.

AGRADECIMIENTOS

Por el apoyo brindado agradezco a la Escuela Nacional del Deporte la cual considero mi segundo hogar.

Agradezco a la Vida y las circunstancias que me llevaron a elegir la Maestría en Actividad Física y Deporte, puesto que en este proceso de formación académica conocí excelentes compañeros y profesores que han ayudado a que mi perspectiva sea diferente.

RESUMEN

Desde 1985 Hakkinen propone que el trabajo de fuerza máxima conduce a un aumento de la sección transversal de las fibras especialmente de las rápidas y según el médico H. Weber (1846) la fuerza de un músculo es proporcional al corte transversal del mismo, bases que inducen a pensar que existe una relación entre la composición corporal y la fuerza muscular aunque cabe resaltar que en el conocimiento común de los adeptos a la fuerza se tiende a creer que no siempre un segmento corporal de mayor tamaño puede producir más fuerza. "La fuerza muscular es principalmente, una función de tensión creada por el sistema nervioso, no una cuestión de masa muscular." Tom Purvis/Mitch Simon. (3) Sin embargo, este pensamiento popular se basa en la composición corporal vista solamente desde el punto de vista perimetral más no desde la masa muscular como principal productor de fuerza.

Existen diversos métodos para calcular y medir la fuerza de manera general y específica como la dinamometría, también se cuenta con métodos antropométricos que permiten estimar la composición corporal de manera segmentada y la proporcionalidad. Por lo tanto, conociendo estos dos factores sumado a la ayuda de herramientas estadísticas se correlacionaron encontrando una relación positiva significativa por lo cual se cuantifico, y por medio de una regresión lineal simple se creó un modelo para la predicción de la fuerza de masa muscular en los brazos de deportistas de alto nivel del Valle del Cauca.

Objetivo: Establecer los factores que predicen la Fuerza máxima (FM) en los brazos de los deportistas del Valle del Cauca.

Metodología: Por medio del presente estudio descriptivo, transversal con una fase correlacional, fueron evaluados 55 deportistas de las selecciones de Levantamiento de Pesas, Powerlifting y fisicoconstructivismo del Valle del Cauca, entre los 18 y 62 años de edad y una media de $24,8 \pm 8,3$ años, todos voluntarios bajo consentimiento informado, quienes accedieron al estudio como muestra no

aleatoria. Los criterios de inclusión fueron tener una buena salud, y entrenar al menos más de un año tres días en la semana, no padecer factores de riesgo cardiovascular, lo cual se determinó previo a la evaluación. Todos los sujetos eran residentes del Valle del Cauca.

La evaluación antropométrica se realizó entre las 8:00 y las 10:00 de la mañana, con la menor ropa posible y sin entrenamiento previo, bajo el protocolo de marcaje de la International Society for the Advancement of Kineatropometry (ISAK) y La masa muscular por segmento fue determinada a través de las formulas creadas por Rodríguez et al. (2010).

$$\text{Masa muscular de los miembros superiores (MMES)} = ((T - \text{PLT}) * (0,043 * \text{PBR}^2)) * P / 1000.$$

La medición de la fuerza se realizó entre 10:00 y 12:00 del mediodía y se usó un dinamómetro marca Takei T17k el cual se desmonto de su base y con la ayuda del soporte que tiene como accesorio para colgarlo (T.K.K.5710e) se midió la fuerza de bíceps y de tríceps de manera individual y con un ángulo de 90 grados medidos con un goniómetro en la articulación del codo. En el análisis de los datos se usó el programa SPSS 24 para determinar la normalidad de los datos, la correlación existente y la regresión lineal que permitió crear el modelo predictivo.

Resultados: Gracias a las mediciones realizadas, tanto antropométricas como de fuerza, se estimaron los valores de la masa muscular en miembros superiores (MMES) y la fuerza máxima (FM). Debido a que los valores de las variables son numéricas y homogéneos y la muestra está constituida por más de 50 sujetos, se realizó una prueba estadística de correlación bivariada de Pearson para variables paramétricas la cual arrojó un índice de correlación R de Pearson de ,675 para la fuerza máxima de bíceps y ,731 para la fuerza máxima de tríceps es decir que existe una buena correlación entre la masa muscular segmentada y la fuerza máxima. Dado este resultado se procedió a ejecutar una regresión lineal simple para crear

un modelo de predicción de la fuerza de brazos, dicha prueba arrojo las constantes de 5,517 y 1,319 con un error estándar de 3,978 para la fuerza máxima de bíceps en mujeres y las constantes de 8,898 y 1,329 con un error estándar de 4,112 para la fuerza máxima de bíceps en por lo que se proponen los siguientes modelos:

$$\text{Fuerza de Bíceps en Mujeres (FBM)} = 5,517 + 1,319 \times \text{MMES}$$

$$\text{Fuerza de Bíceps en Hombres (FBH)} = 8,898 + 1,329 \times \text{MMES}$$

Así mismo esta prueba para la fuerza máxima de tríceps arrojo las constantes 3,856 y 1,612 con un error estándar en la estimación de los resultados de 3,551 para las mujeres y las constantes; 3,132 y 2,177 con un error estándar en la estimación de los resultados de 5,181 para los hombres, por lo que se proponen los siguientes modelos:

$$\text{Fuerza de Tríceps en Mujeres (FTM)} = 3,856 + 1,612 \times \text{MMES}$$

$$\text{Fuerza de Tríceps en Hombres (FTH)} = 3,132 + 2,177 \times \text{MMES}$$

Conclusiones: La buena relación obtenida por las ecuaciones realizadas, presume que los valores que se estimen con el modelo tienen un error de 3,5 a 5,1 Kg fuerza lo cual es aceptable para planificación teniendo en cuenta que este valor se obtiene desde la antropometría.

Actualmente se llevan a cabo estudios con exámenes como el dexta y plataformas de salto para a futuro reafirmar los actuales resultados.

Palabras Clave: Composición corporal segmentada, antropometría, proporcionalidad, masa muscular, fuerza máxima, dinamometría, modelo predictivo de fuerza.

SUMMARY

Since 1985 Hakkinen proposes that the maximum force work leads to an increase in the cross section of the fibers, especially the fast ones, and according to the physician H. Weber (1846) the strength of a muscle is proportional to the cross section of the same, bases that induce to think that there is a relationship between body composition and muscle strength although it should be noted that in the common knowledge of the followers of force tends to believe that not always a larger body segment can produce more strength. "Muscular strength is primarily a function of tension created by the nervous system, not a matter of muscle mass." Tom Purvis / Mitch Simon. (3) However, this popular thought is based on the body composition seen only from the perimeter point of view but not from the muscle mass as the main force producer.

There are several methods to calculate and measure force in a general and specific way such as dynamometry, there are also anthropometric methods that allow estimating body composition in a segmented manner and proportionality. Therefore, knowing these two factors added to the help of statistical tools were correlated finding a significant positive relationship for which it was quantified, and by means of a simple linear regression a model was created for the prediction of muscle mass in the arms of high level athletes of Valle del Cauca.

Objective: To establish the factors that predict the maximum strength (FM) in the arms of athletes of Valle del Cauca.

Methodology: By means of the present descriptive study, cross-sectional with a correlation phase, 55 athletes were evaluated from the Weightlifting, Powerlifting and physicoconstructivism selections of Valle del Cauca, between 18 and 62 years of age and an average of 24.8 ± 8.3 years, all volunteers under informed consent, who accessed the study as a non-random sample. The inclusion criteria were to have good health, and to train at least more than one year three days a week, not to have cardiovascular risk factors,

which was determined prior to the evaluation. All subjects were residents of Valle del Cauca.

The anthropometric evaluation was carried out between 8:00 and 10:00 in the morning, with the least possible clothes and without previous training, under the protocol of marking of the International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) and the muscular mass by segment was determined through the formulas created by Rodríguez et al. (2010).

Muscle mass of the upper limbs (MMES) = $((T - PLT) * (0.043 * PBR ^ 2)) * P / 1000$.

The force measurement was carried out between 10:00 and 12:00 noon and a Takei T17k dynamometer was used, which was dismantled from its base and with the help of the support that it has as an accessory to hang it (TKK5710e) was measured. The strength of biceps and triceps individually and at an angle of 90 degrees measured with a goniometer at the elbow joint. In the analysis of the data, the SPSS 24 program was used to determine the normality of the data, the existing correlation and the linear regression that allowed the creation of the predictive model.

Results: Thanks to the measurements made, both anthropometric and strength, the values of upper limb muscle mass (MMES) and maximum strength (FM) were estimated. Because the values of the variables are numerical and homogeneous and the sample is made up of more than 50 subjects, a Pearson bivariate correlation statistical test was performed for parametric variables which showed a Pearson's R correlation index of 0.675 for the maximum force of biceps and, 0.731 for the maximum force of triceps. It is to say that there is a good correlation between the segmented muscle mass and the maximum force. Given this result we proceeded to perform a simple linear regression to create a prediction model of arm strength, this test gave the constants of 5,517 and 1,319 with a standard error of 3,978 for the maximum strength of biceps in women and the constants of 8,898 and 1,329 with a standard error of 4,112 for the maximum strength of biceps in which the following models are proposed:

$$\text{Woman Biceps Strength (WBS)} = 5,517 + 1,319 \times \text{MMES}$$

$$\text{Men Biceps Strength (MBS)} = 8,898 + 1,329 \times \text{MMES}$$

Also this test for the maximum force of triceps I throw the constants 3,856 and 1,612 with a standard error in the estimation of the results of 3,551 for the women and the constants; 3,132 and 2,177 with a standard error in the estimation of the results of 5,181 for men, for which the following models are proposed:

$$\text{Women Triceps Strength (WTS)} = 3,856 + 1,612 \times \text{MMES}$$

$$\text{Men Triceps Force (MTS)} = 3,132 + 2,177 \times \text{MMES}$$

Conclusions: The good relation obtained by the realized equations, presumes that the values that are estimated with the model have an error of 3.5 to 5.1 Kg force which is acceptable for planning considering that this value is obtained from anthropometry.

Studies are currently being carried out with exams such as the dexa and jumping platforms for the future to reaffirm the current results.

Key words: segmented body composition, anthropometry, proportionality, muscle mass, maximum strength, dynamometry, predictive force model.

TABLA DE CONTENIDO

PRESENTACIÓN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
1. AREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	6
1.1 Pregunta de investigación.....	9
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	10
2. REFERENTE TEORICO.....	12
2.1 LA FUERZA.....	12
2.1.1 Tipo de fuerza.....	17
2.1.1.1 Fuerza máxima.....	18
2.1.1.2 Hipertrofia muscular.....	18
2.1.2 Métodos de evaluación de la fuerza muscular.....	19
2.1.3 Protocolo de valoración de la fuerza por dinamometría	
Isométrica.....	21
2.1.3.1 Protocolo de valoración de la fuerza de bíceps.....	22
2.1.3.2 Protocolo de valoración de la fuerza de tríceps.....	23
2.2 COMPOSICIÓN CORPORAL SEGMENTARIA.....	24
2.2.1 Proporcionalidad.....	26
3. OBJETIVOS.....	27
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	27
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	27
4. METODOLOGÍA.....	28
4.1 Tipo de estudio.....	28
4.2 Población y muestra.....	28
4.3 criterios de inclusión.....	29
4.4 criterios de exclusión.....	29
4.5 Técnicas e instrumentos.....	29
4.6 Elementos para recolección de información.....	30

4.7 Procedimiento.....	33
4.8 calibración de evaluadores y prueba piloto.....	33
4.9 Consideraciones éticas.....	34
4.10 Análisis estadístico.....	34
5. RESULTADOS.....	35
6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	47
7. CONCLUSIONES.....	49
8. RECOMENDACIONES.....	52
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
ANEXOS.....	59

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	32
Tabla 2. Valores de la masa muscular y fuerza máxima en los brazos de los deportistas de alto nivel del Valle del Cauca.....	35
Tabla 3. Diferentes manifestaciones de la Fuerza en relación con el sexo.....	35
Tabla 4. Distribución de la edad media según el tipo de fuerza en los deportistas de alto nivel del Valle del Cauca.....	36
Tabla 5. Estadísticos descriptivos de la muestra en relación con la masa muscular segmentada y la fuerza frente al tipo de fuerza.....	37
Tabla 6. Prueba de normalidad para las variables Masa Muscular segmentada en brazos (MMES), Fuerza máxima de Bíceps y Fuerza máxima de Tríceps.....	37
Tabla 7. Correlación entre la masa muscular y la fuerza máxima de brazos.....	38
Tabla 8. Correlación entre la masa muscular y los tipos de fuerza máxima de brazos.....	41
Tabla 9. Prueba estadística de correlación bivariada de Pearson para la masa muscular, la fuerza máxima de brazos y la edad.....	42
Tabla 11. Regresión lineal simple para la fuerza de bíceps.....	44
Tabla 12. Regresión lineal simple para la fuerza de tríceps.....	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Test de Fuerza con Dinamómetro.....	9
Figura 2. Vías de activación del movimiento flexión codo	15
Figura 3. Composición de la sarcómera.....	16
Figura 4. Dinamómetro Takei y base desmontable	22
Figura 5. Valoración de la fuerza máxima de bíceps.....	22
Figura 6. Valoración de la fuerza máxima de bíceps.....	23
Figura 7. Sistema Internacional más utilizado SC-14.....	25
Figura 8. Dinamómetro	30
Figura 9. Caliper y cinta metrica.....	31
Figura 10. Masa muscular y fuerza máxima en brazos.....	36
Figura 11. Correlación entre masa muscular y fuerza máxima de brazos	41

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Consentimiento informado	59
Anexo 2 Instrumento de recolección de información.....	61
Anexo 3 Datos antropométricos	63
Anexo 4 Fuerza de Brazos	65

PRESENTACIÓN

Existen diversos enunciados que proponen que el trabajo de fuerza máxima conduce a un aumento de la sección transversal de las fibras especialmente de las rápidas Hakinnen (1985) y que la fuerza de un músculo es proporcional al corte transversal del mismo Weber (1846), por lo que se puede llegar a pensar que existe una relación entre la composición corporal y la fuerza muscular pero se tiende a creer que no siempre un segmento corporal de mayor tamaño puede producir más fuerza basados solamente en los perímetros y no en la masa muscular como principal productor de fuerza.

En la presente investigación se indago acerca de los métodos para calcular la masa muscular segmentada y/o proporcionalidad como lo determinan algunos autores, (Ross y Wilson, 1974), y se encontró que hay estudios para la estimación de la masa muscular de los miembros apendiculares, a partir de densitometría fotónica dual (DEXA). Estudios que permitieron la estimación de la masa muscular en miembro superior (MMES) a través de fórmulas matemáticas las cuales se usaron en el presente estudio.

Así mismo existen diversos métodos para calcular y medir la fuerza de manera general y específica de los que se escogió la dinamometría por su practicidad y precisión. De esta manera se hallaron las variables masa muscular y fuerza en kilogramos que se relacionaron con la ayuda de herramientas estadísticas y por medio de una regresión lineal simple se creó el modelo para la predicción de la fuerza por medio de la cantidad de masa muscular en miembros superiores.

El propósito de este estudio fue el de determinar si la composición corporal segmentada se puede constituir en un factor predictivo de la fuerza máxima del brazo de 55 deportistas de las selecciones de Levantamiento de Pesas, Powerlifting y fisicoculturismo del Valle del Cauca, entre los 18 y 62 años de

edad y una media de $24,8 \pm 8,3$ años, todos voluntarios bajo consentimiento informado, quienes accedieron al estudio como muestra no aleatoria. Se realizó una evaluación antropométrica de 8:00 a 10:00 de la mañana y medición de fuerza por dinamometría entre las 10:00 y las 12:00 del mediodía, antes del entrenamiento con el protocolo de marcaje de la International Society for the Advancement of Kineatropometry (ISAK) y la masa muscular por segmento fue determinada a través de las formulas creadas por Rodríguez et al. (2010)(4), la cual se explica más adelante en la metodología.

Masa muscular de los miembros superiores

$$(MMES) = ((T - PLT) * (0,043 * PBR^2)) * P / 1000.$$

Para la medición de la fuerza se usó un dinamómetro marca Takei T17k el cual sujeto con el soporte (T.K.K.5710e), se midió la fuerza concéntrica y excéntrica de los brazos de manera individual y con un ángulo de 90 grados controlados con un goniómetro en la articulación del codo. En el análisis de los datos se usó el programa SPSS 24 para determinar la normalidad de los datos, la correlación existente y la regresión lineal que permitió crear el modelo predictivo.

INTRODUCCIÓN

Desde que el hombre se tuvo que preparar para batallar por territorio, alimentos o cualquier otro motivo de subsistencia, entró en juego su condición física y como consecuencia desde la existencia del ser humano, la mayor de sus capacidades físicas es la fuerza, a la cual con la evolución se le da un grado de importancia exponencialmente mayor día tras día.

La fuerza es una de las capacidades físicas, más necesaria en nuestro acontecer diario; ya que gracias al proceso de tensión de los músculos y tendones podemos conformar nuestro cuerpo en posición de bipedismo. Caminar erguido supone abrirse a una mayor cantidad de experiencias en la vida; debido a que las extremidades superiores están libres para las diferentes tareas que resultan más difíciles para animales cuadrúpedos.

Una de las teorías, muy plausible propone que algunos homínidos sufrieron una pequeña modificación en el final del hueso coxal, haciendo que este se orientara un poco más lateralmente. Esta modificación produciría que el glúteo menor y el glúteo medio pasarán a ayudar más en la función abducción; estabilizando el tronco para caminar en dos pies. Esto pudo dar una mayor facilidad al bipedismo; haciendo que se tuvieran ciertas ventajas en la selección natural (2).

Las extremidades superiores nos sirven para hacer gran cantidad de tareas de la vida cotidiana. El miembro superior o extremidad superior en el cuerpo humano, es cada una de las extremidades que se fijan a la parte superior del tronco. Se compone de cintura escapular brazo, antebrazo y mano, y se caracteriza por su capacidad para manipular y sujetar.

En ciertos deportes las extremidades superiores tienen gran aplicabilidad, en los deportes de Combate podemos observar como en lucha y judo se necesita de un buen agarre de su oponente y de su uniforme de judo (judogi) con el fin de

desplazar y desequilibrar en tal dirección, que nos permitirá derribarlo; ya en el suelo sujetarlo en inmovilización, estrangulación o luxación.

En los deportes que requieren implemento se necesita tener un grado superior en la fuerza de agarre; como es el caso de la esgrima en sus especialidades sables, espada y florete, y el caso del levantamiento de pesas con el agarre de gancho, el cual es una empuñadura en pronación, es decir que las palmas de la mano del deportista miran hacia el mismo. La fuerza de prensión es una medida simple que se usa para estimar la fuerza muscular en general, pero también puede servir como un predictor de pronóstico relacionado con la salud (4).

Los diferentes estudios que investigan la fuerza, muestran asociación con el nivel de salud de un individuo, por lo tanto, intentar asociar la composición corporal como resultado de la actividad física y cotidiana del mismo con los niveles de fuerza, permite llegar a predecir la capacidad de fuerza de un individuo basado en sus características antropométricas al encontrar una correlación positiva y significativa.

La fuerza es proporcional al corte transversal de la sección muscular, (1, 4, 5) debido a que el trabajo de fuerza máxima conduce a un aumento de la masa muscular como respuesta adaptativa. Cuando hablamos de la sección transversal del músculo existen dos conceptos; el primero es la sección anatómica la cual hace referencia al corte perpendicular en la dirección del músculo y el otro concepto de la sección fisiológica que hace referencia al corte perpendicular a la dirección de las fibras musculares ambos conceptos buscan medir la fuerza teniendo en cuenta no sólo el tamaño sino la dirección de las fibras hecho que se tuvo en cuenta en la presente investigación, y se aporta un protocolo detallado para la toma de medidas que sirvan al modelo de predicción de la fuerza y así obtener resultados lo más precisos posibles.

La Fuerza se ha relacionado a lo largo de la historia del entrenamiento deportivo, con todas las demás capacidades físicas y desde el punto de vista fisiológico esta

amplia y claramente descrita la forma en que se produce. De igual manera se han desarrollado una gran variedad de formas para caracterizarla y métodos directos e para estimar el grado al cual puede llegar, por medio, entre otros, de la determinación teórica de la Fuerza Máxima (FM).

La finalidad de este trabajo es proponer un modelo predictivo de la fuerza máxima del brazo mediante antropometría y composición segmental de deportistas del Valle del Cauca, ya que la masa muscular está relacionada con variables como la fuerza y la velocidad, en el presente estudio se sometió a los individuos a una evaluación antropométrica y a una prueba por dinamometría.

1. ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Ninguna actividad física del ser humano es imaginable sin la fuerza sobre todo en los logros deportivos que sólo se pueden conseguir con la aplicación específica de la fuerza motora (5), es decir que en la producción de fuerza el musculo es quien guarda una estrecha relación con las posibilidades de la misma.

Basado en los planteamientos de Badillo (6) y Laguado (7) la capacidad física condicional de la fuerza se constituye como uno de los principales pilares para todas las capacidades, y en el mundo del entrenamiento deportivo, la fuerza da sustento al rendimiento en todos los niveles de la preparación física, la competencia y la maestría deportiva.

A la hora de Definir la fuerza, nos encontramos con la necesidad de distinguir entre dos conceptos diferentes: la fuerza como magnitud física y la fuerza como presupuesto para la ejecución de un movimiento deportivo (20, 21). Si lo miramos desde el punto de vista de la física, esta es comúnmente conocida como la influencia de la fuerza sobre un objeto que actúa cambiando su estado de movimiento expresado como fuerza igual a masa por aceleración ($f = m \times a$). Pero en el presente estudio, vamos a abordar la fuerza desde el punto de vista de la actividad física y el deporte donde la fuerza es la capacidad osteo - mio - neuro - articular del ser humano, que permite vencer y/o contrarrestar una resistencia externa y/o interna con movimiento o sin él (9, 10).

La fuerza tiene tanto protagonismo en entrenamiento deportivo que día tras día vemos a los deportistas cada vez más mesomorfos, con un desarrollo muscular de gran calidad, una inserción mayor y simetría, que en años anteriores no se imaginaba posible, pudieran saltar de su deporte al fisicoconstructivismo (fisicoculturismo) con facilidad.

Basados en la anatomía y fisiología humana (22), podemos aseverar que existen factores como el género y la raza que intervienen en la determinación de la fuerza que posee un individuo, también está limitada por los sistemas energéticos, las características antropométricas y/o la morfología del individuo, lo cual incluye músculos, huesos, tendones y sistema neuronal incluso la piel todo ello enmarcado por el tono muscular siendo el músculo el abanderado en la producción de fuerza. Pero el músculo no actúa solo, por medio de los tendones y los huesos forma un sistema de palancas y es el sistema nervioso quién se encarga de enviar los estímulos necesarios para que se produzca el movimiento dependiendo de la necesidad del mismo. Es por esto que es errado hablar de fuerza dando exclusividad al músculo dado que como mencionamos antes también intervienen huesos tendones y neuronas entre otros, lo cual no significa que el músculo no sea el protagonista.

Dentro de las capacidades del músculo, este tiene la posibilidad de generar tensión a partir de su contracción o por energía elástica y refleja (6), aunque no de forma completa, existe una teoría denominada la teoría de los filamentos deslizantes la cual explica la manera que tiene el músculo por medio de una contracción voluntaria para contraerse por medio de los filamentos de actina y miosina los cuales están enmarcados por las líneas Z.

Basados en el enunciado anterior se puede afirmar que el ser humano es capaz de producir movimiento, llevando a cabo la interacción entre el músculo y su entorno, es decir que la fuerza está supeditada a la actividad física cotidiana y al entrenamiento de la misma y viceversa. Existe una relación directa entre la fuerza y la hipertrofia muscular, cualquier movimiento del ser humano requiere de la capacidad que el músculo esquelético tiene para contraerse, así que el músculo pasa a ser el protagonista de la fuerza más no el único actor. Así que podemos ganar fuerza mejorando el sistema nervioso también a través del aumento en la eficiencia del impulso eléctrico y el potencial de acción, también debemos tener en cuenta que según múltiples estudios, la fuerza está asociada a la hipertrofia muscular (11, 14, 23, 37) aunque solamente hasta la fecha el presente estudio se ha propuesto cuantificar la relación en los brazos de deportistas de alto rendimiento.

En este orden de ideas las primeras respuestas adaptativas luego del entrenamiento de la fuerza; se logran por el reclutamiento de nuevas unidades motoras, reclutamiento que realiza el sistema nervioso el cual mejora la eficiencia al enviar los impulsos nerviosos o potenciales de acción. Seguidas por las adaptaciones que se producen en el músculo, estas adaptaciones estructurales se generan con el trabajo de la fuerza y corresponden a hipertrofia en estructuras contráctiles y elásticas (51, 52).

Desde en 1985 hasta la fecha varios autores han propuesto que el trabajo de fuerza máxima conduce a un aumento de la sección transversal de las fibras especialmente de las rápidas (6, 24,). Según el médico Weber, la fuerza de un músculo es proporcional al corte transversal del mismo (1), afirmación que da el primer testimonio sobre la relación directa entre FM y composición corporal. Pero nos deja en la penumbra por el desconocimiento de los niveles en los que se relacionan.

En el estudio; estimación de la masa muscular de los miembros apendiculares, a partir de densitometría fotónica dual (DEXA) se propone la creación de una fórmula de regresión que permita establecer la cantidad de masa muscular por región considerando como “gold estándar” al método DEXA, se estableció la siguiente fórmula de estimación para masa muscular de los miembros superiores; $MMES (kg) = ((Talla - \text{Pliegue de Tríceps}) \times (0,043 \times \text{Perímetro Brazo relajado}^2) - \text{Peso}) / 1000$, con un valor $r = 0,83$ y un error estimado de 0,61 kg, por lo que en el presente estudio la masa muscular por segmento fue determinada a través de esta fórmula creada por Rodríguez et al (21)

Existen diversas formas para medir la fuerza de un individuo, algunas de ellas simples y económicas y otras complejas y costosas, las cuales se utilizan en dependencia de la necesidad. Se pueden identificar las evaluaciones más utilizadas, que van desde las manuales como la Escala de Lowdes (14, 15, 21), hasta la electromiografía que ha servido para estudiar enfermedades neuromusculares.

A pesar de la existencia de las formas de medición anteriormente mencionadas se siguen subutilizando algunas de ellas como la dinamometría, limitándola a la medición de presión manual y fuerza de despegue, sin embargo existen estudios que han utilizado dinamómetros de maneras no convencionales como el utilizado para caracterizar el esfuerzo de judo (17), mediante la cuantificación de cambios inducidos por un combate y entre las pruebas realizadas en este estudio se utilizó la dinamometría con otros métodos como se ve en la siguiente imagen:



Figura 1. Test de fuerza máxima con dinamómetro en remo tumbado (90°) y press de banca (90°).

1.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Se pueden llegar a estimar los factores que predigan el rango de fuerza máxima solamente conociendo la composición corporal segmentaria del brazo?

1.2 JUSTIFICACIÓN

Bulwer-Lytton, dijo; "El tiempo es oro", y en el entrenamiento deportivo esta frase cobra más importancia día tras día, así que toda investigación que acorte los procesos preparativos del entrenamiento es más que bienvenida. La fuerza máxima FM tiene una relación directamente proporcional con la masa muscular, la fuerza muscular es proporcional a su diámetro fisiológico (1, 6, 13, 19, 24, 37), lamentablemente no se ha cuantificado esta relación y mucho menos existe información acerca de otros factores que intervienen en la estimación de la FM como el género, la talla y la raza entre otros para lograr predecirla.

En la maestría deportiva, la competencia tiene ciertos requisitos morfofuncionales muy específicos y detallados, en los deportistas de alto nivel existe la tendencia actual a la disminución del porcentaje graso y el aumento de la masa magra o masa activa cómo le llaman algunos autores (6, 7, 19, 23, 37), lo cual también influye en la fisiología, morfología y puede provocar cambios hormonales, todo esto directamente relacionado con el porcentaje o nivel de fuerza del individuo.

En el deporte de alto rendimiento es de mucha ayuda la determinación de la composición corporal para la captación de talentos (52) y de esta manera conocer las capacidades y limitantes que tiene el deportista además de saber no sólo para qué deporte puede ser ideal sino también potencializar dichas capacidades, conociendo la composición del deportista, el biotipo y la morfología, podemos incluso llegar a categorizarlos y posicionarlos favoreciendo al deporte y su especificidad.

Basados en el hecho de que se puede llegar a estimar la FM mediante fórmulas basadas en la composición corporal, tenemos que el presente trabajo es más que pertinente y novedoso. Y no es solo novedoso por la predicción de fuerza mediante composición corporal segmentaria, sino también por la medición por de la fuerza que puede llegar a producir el codo tanto en flexión como en extensión por el método de dinamometría en usuarios de la fuerza que entrenan con miras al alto rendimiento.

Debido a lo dispendioso que resulta el llevar a cabo una prueba de fuerza máxima para identificar 1RM ya sea indirecta o directa (posibilitándose el riesgo de lesión en esta última) (53), para agilizar dicho proceso, y a manera de producto en esta investigación, tras haber relacionado cuantitativamente la FM y masa muscular del brazo en deportistas de alto nivel del Valle del Cauca en cuyos deportes es protagonista la fuerza, el presente estudio se constituye en una guía referencial que a futuro se podrá convertir en una herramienta útil y veraz para la prescripción del ejercicio, así como soporte en los futuros modelos, metodologías y planificación en general del entrenamiento deportivo.

La presente propuesta fue viable debido al acceso a la población compuesta por las ligas Vallecaucanas de Levantamiento de Pesas, Potencia y Fisicoculturismo. También a la tecnología necesaria para la medición de la composición corporal segmentaria y de fuerza, ya que el autor cuenta con la certificación de la ISAK para antropometrista nivel 2 y un dinamómetro marca Takei T17k debidamente calibrado.

En cuanto a la novedad de la investigación, son escasos los estudios que relacionan La fuerza muscular con la composición corporal segmentaria, los pocos estudios que se encuentran se basan en la correlación entre la fuerza de agarre o fuerza prensil y el estado de salud y fuerza general o concretamente con algún tipo de patología. Pero ninguno trata de estimar o dar un rango de fuerza mediante fórmulas basadas en composición corporal segmentaria.

2. REFERENTE TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1 LA FUERZA

De las capacidades físicas que posee el ser humano, la fuerza ha jugado un papel muy importante en su evolución y es la protagonista en el mundo del entrenamiento deportivo, ya que da sustento al rendimiento en todos los niveles de la preparación deportiva. La fuerza tiene tanto protagonismo en entrenamiento deportivo que día tras día vemos a los deportistas cada vez más fuertes con un desarrollo muscular de mayor calidad.

El rango de fuerza que posee un individuo está limitado por los sistemas energéticos y las características o morfología individuales. Lo cual incluye músculos, huesos, tendones, sistema neuronal incluso la piel todo ello enmarcado por el tono muscular. Diferentes autores han aportado sus definiciones sobre la fuerza, he aquí una de ellas:

“Toda causa capaz de modificar el estado de reposo o movimiento de un cuerpo, así como la causa capaz de deformar los cuerpos por efecto de presión (aproximación de moléculas) o tracción (separación de moléculas)” (16). “Es la manifestación externa de la tensión interna generada en el músculo” Badillo (1998), (19).

A partir, de lo anterior la fuerza puede distinguirse entre dos conceptos diferentes: la fuerza como magnitud física y la fuerza como presupuesto para la ejecución de un movimiento deportivo (6). Desde el punto de vista de la física la fuerza es comúnmente conocida como la influencia que se puede ejercer sobre un objeto cambiando su estado de movimiento expresado como fuerza igual a masa por aceleración ($f = m \times a$).

Para el caso de este estudio la fuerza se aborda desde el punto de vista de la actividad física y el deporte donde la fuerza es la capacidad osteo-mio-neuro-articular del ser humano que permite vencer y/o contrarrestar una resistencia externa y/o interna con movimiento o sin él (9, 10).

Dentro de las capacidades del músculo, este tiene la posibilidad de generar tensión a partir de su contracción o aprovechando la energía elástica y refleja, aunque no de forma completa puesto que múltiples autores afirman que el ser humano solo puede activar en promedio el 80% de sus músculos de manera voluntaria. Existe una teoría denominada la teoría de los filamentos deslizantes que explica como el músculo por medio de una contracción voluntaria se contrae por medio de los filamentos de actina y miosina, los cuales están enmarcados por las líneas Z.

Gracias a la fuerza el ser humano es capaz de producir movimiento llevando a cabo la interacción entre el músculo y el entorno. Pero el músculo no actúa solo, por medio de los tendones y los huesos forma un sistema de palancas, y es el sistema nervioso quién se encarga de enviar los estímulos necesarios para que se produzca el movimiento dependiendo de la necesidad del mismo. Es por esto que es errado hablar de fuerza muscular exclusivamente dado que también intervienen huesos, tendones y neuronas entre otros y por ello en ocasiones el autor del presente estudio se referirá a la fuerza como fuerza fisiológica humana.

Ninguna actividad física del ser humano es imaginable sin la fuerza sobre todo los rendimientos deportivos los cuales sólo se pueden conseguir con la aplicación específica de la fuerza motora (19). Existe una estrecha relación entre la fuerza y la hipertrofia muscular, cualquier movimiento del ser humano requiere de la capacidad del músculo esquelético que tiene para contraerse, así que el músculo pasa a ser el protagonista de la fuerza más no el único actor.

En este sentido, las primeras adaptaciones se logran por el reclutamiento de nuevas unidades motoras, reclutamiento que realiza el sistema nervioso el cual mejora la eficiencia al enviar los impulsos nerviosos o potenciales de acción. Seguidas por las adaptaciones que se producen en las estructuras musculares, estas adaptaciones estructurales se generan con el trabajo de la fuerza y corresponden a hipertrofia en estructuras contráctiles y elásticas, Hakkinen en 1986 propone que el trabajo de fuerza máxima conduce a un aumento de la sección transversal de las fibras especialmente de las rápidas, pero ya sabemos que las fibras se especializan por la manifestación de fuerza que prima en el entrenamiento.

La fuerza muscular o fuerza fisiológica humana es de interés de entrenadores, preparadores físicos, técnicos, fisioterapeutas y rehabilitadores entre otros, todos ellos buscan desde su necesidad incrementar el rendimiento y/o minimizar el riesgo de lesión siendo para este último caso de mayor importancia el cálculo de la fuerza sin pruebas físicas, algo que será posible a partir de la presente investigación. Existen aún hoy en día numerosas lagunas sobre aspectos concretos de la fisiología el entrenamiento por la biomecánica de la fuerza muscular por citar una se sigue discutiendo sobre la explicación de porqué los movimientos que se realizan con un contramovimiento son más eficaces que los que son realizados únicamente en un solo sentido y otros similares a los determinados por la pliometría.

Al respecto se desconoce hasta qué punto la explicación habría que buscarla en una pre activación de la musculatura en la fuerza elástica y en los reflejos de estiramiento (19), en la costumbre de realizar los movimientos con contra movimiento previo (7, 23). Debido a esto encontramos una gran cantidad de investigaciones sobre la fuerza, al indagar sobre el término en bases de datos como scielo, redalyc, pubmed, dialnet, ovid, sportdiscus y scholar entre otras, nos encontramos con millones de resultados que dan cuenta de las manifestaciones, regímenes y tipos de fuerza con diversos criterios y posiciones. Es necesario en algún momento realizar un meta análisis o una revisión sistemática sobre ciertos temas de la fuerza para tratar de llegar a un consenso en cuanto a la terminología, desarrollo, caracterización y aplicabilidad entre otros ítems de la fuerza.

En la producción de fuerza intervienen múltiples factores cardiovasculares, hormonales, nerviosos, musculares, neuronales, tendinosos y mecánicos entre otros, incluso la piel puede llegar a intervenir en la producción de la fuerza. La activación del músculo estriado se origina en el sistema nervioso central cuando éste genera impulsos nerviosos transmitidos a través de motoneuronas proceso que se conoce como potencial de acción y que inerva las fibras musculares, figura 1, el aspecto estriado del músculo obedece al hecho de que existen dos tipos fundamentales de miofilamentos: los de actina (más finos y transparentes) y los de miosina (más gruesos y de trazado más oscuro) (14).

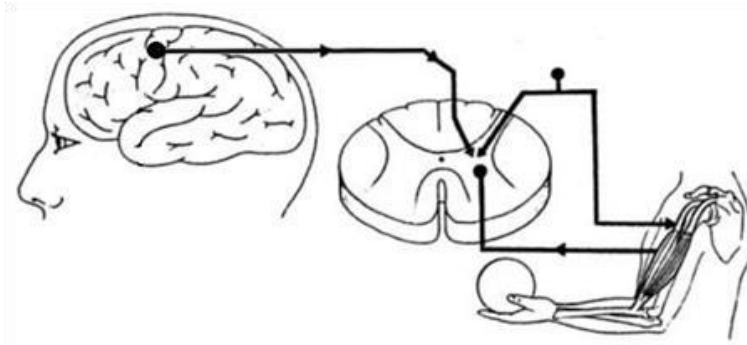


Figura 2. Vías de activación del movimiento flexión codo. (21).

La unión neuromuscular, es decir, la unión entre la motoneurona y las fibras musculares que son inervadas por esta, se denomina placa motora. Pueden presentarse variaciones en la unión neuromuscular particulares para cada músculo y cada individuo lo cual determina el nivel de fuerza, (22).

El impulso de la motoneurona finaliza en la sinapsis o unión neuromuscular, donde transmisores químicos como la acetilcolina se segregan y causan la despolarización de la membrana muscular, estímulo que es transportado a través de los túbulos T llegando al retículo sarcoplásmico, una vez aquí los iones de calcio activan su propio sistema transportador que le permite movilizarse en dentro de la célula muscular en grandes cantidades para estimular la contracción muscular mediante la unión temporal de la tropomiosina y la troponina a lo que se conoce como complejo troponina-tropomiosina que a su vez permite la reacción de

los puentes cruzados de los filamentos de miosina con los filamentos de actina (23,24), figura 3.

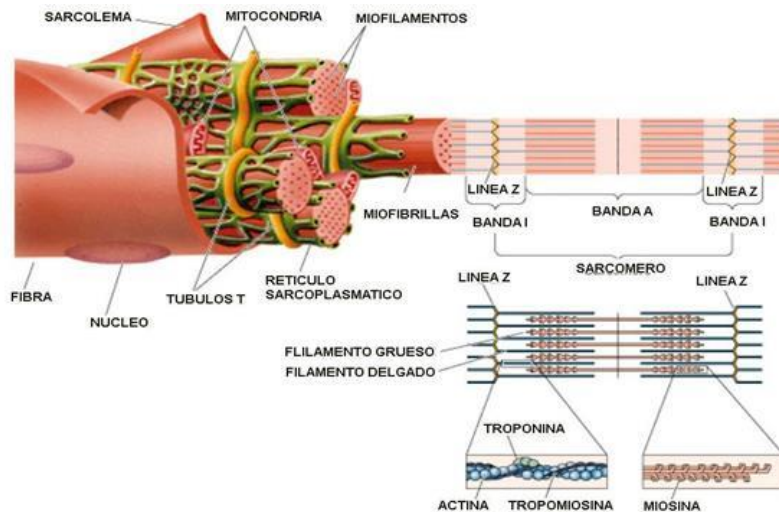


Figura 3: Composición de la sarcómera (25).

Los filamentos de miosina tienen unos terminales o cabezas las cuales en reposo están separadas de la miosina, pero cuando son estimuladas se unen a la actina provocando la tensión muscular y como consecuencia la fuerza contráctil. Para que se pueda presentar esta unión, un ADP y un fosfato se encuentran en la cabeza de miosina la cual se une al filamento de actina con una ATP.

La miosina ATPasa descompone el ATP en ADP y un fosfato más la energía para poder reorientar a la cabeza de miosina hacia su posición original y luego reaccionar de nuevo con otro punto activo de la molécula de actina, proceso que es cíclico y sólo cesa cuando el calcio deja de ser activo y retorna por el retículo sarcoplásmico. Cuando esto sucede el complejo troponina-tropomiosina pasa a cubrir el lugar activo de la actina y el músculo retorna a su estado de reposo, (27, 32- 35).

Existen dos factores principales para la producción de fuerza y uno tiene que ver con el estiramiento previo y el otro con el tamaño o la sección muscular este último es el que atañe la presente investigación.

2.1.1 Tipos de Fuerza

Existe un gran número de divisiones y formas de clasificar la fuerza. En el presente texto vamos a asumir que la fuerza está condicionada principalmente por la contracción muscular, al tomar esta postura podemos encontrar dos tipos de fuerza según se produzca o no movimiento:

Contracciones isométricas o estáticas: se manifiestan cuando la resistencia es igual o superior a la fuerza ejercida. Habrá un esfuerzo muscular pero no se generará aceleración ni desplazamiento.

Contracciones anisométricas o dinámicas: se manifiestan cuando la fuerza ejecutada sea mayor que la resistencia ofrecida. Existirá movimiento de los distintos segmentos corporales. Dentro de estas podemos distinguir entre:

Contracciones anisométricas Concéntricas: se presenta cuando la contracción del músculo provoca el acercamiento de su origen e inserción. Y la contracción que hace que el músculo vaya de su máximo estiramiento al máximo acortamiento (realizando la máxima contracción) se denomina “contracción concéntrica completa”. Si el músculo no empieza el trabajo (contracción) en su longitud máxima o no alcanza su acortamiento máximo, la contracción se define “contracción concéntrica incompleta”. Esta última contracción puede ser realizada con el músculo situado ya en acortamiento: en este caso se hablará de “contracción concéntrica incompleta breve”, o bien, si el comienzo de la contracción se efectúa partiendo del máximo estiramiento, pero sin llegar a alcanzar el máximo acortamiento durante el trabajo, la contracción toma el nombre de “contracción concéntrica incompleta larga” (6, 19, 37).

Contracciones anisométricas Excéntricas: este tipo de contracciones se producen cuando la tensión desarrollada en el músculo es menor que la resistencia externa y por lo tanto el músculo se alarga (19).

La acción que lleva el músculo desde su máximo acortamiento al máximo alargamiento (realizando la máxima elongación) se denomina “contracción excéntrica completa”. Si el músculo no alcanza su alargamiento máximo, la contracción se define “contracción excéntrica incompleta”. Esta última contracción puede ser realizada con el músculo situado ya en acortamiento: en este caso se hablará de “contracción excéntrica incompleta breve”, o bien, si el comienzo de la contracción se efectúa partiendo de la máxima contracción, pero sin llegar a alcanzar el máximo alargamiento durante el trabajo, la contracción toma el nombre de “contracción excéntrica incompleta larga” (19).

2.1.1.1 Fuerza Máxima

Es la mayor fuerza que el sistema neuromuscular puede desarrollar durante una contracción máxima. Se refleja en la carga más pesada que un deportista puede levantar en un intento y se expresa como el cien por ciento (100%) o una repetición máxima (1RM). A pesar de la posibilidad de lesión, es crucial para sentar las bases del entrenamiento de la fuerza y para conocer la fuerza máxima de los deportistas en cada ejercicio, ya que sienta las bases para calcular la carga o estímulo de cada fase en el entrenamiento de la fuerza, (37).

2.1.1.2 Hipertrofia muscular

Como respuesta adaptativa al entrenamiento de la fuerza, la masa muscular aumenta debido a la reparación de las fibras musculares “dañadas” durante dicho entrenamiento, estas fibras incrementan su grosor ya sea por el aumento en el diámetro de la sarcómera o por el aumento en el volumen del líquido sarcoplasmático en un proceso que recibe el nombre de Hipertrofia muscular.

El músculo esquelético constituye cerca del 45% del peso corporal, por lo que alteraciones significativas del porcentaje de masa muscular genera importantes

transformaciones en la estructura corporal, convirtiéndose en un signo externo característico de los deportistas de fuerza (6, 19).

2.1.3 Métodos de evaluación de la fuerza muscular

La valoración de la fuerza muscular tiene más de un siglo de antigüedad. Aproximadamente desde 1912 existían pruebas manuales y se comenzaban a desarrollar máquinas dinamométricas rudimentarias algunas como la escala de Lowndes (13), la escala de Daniels (1942) y la escala de Kendall (1950). Así surgen los primeros intentos para medir la fuerza utilizando una balanza de resortes y los de Hill mediante la utilización de sistemas con poleas luego surgen test específicos como el Test de Bosco (36, 38) y los Test Pliométricos (25).

Posteriormente en 1967 se hacen avances en la valoración de la función muscular, año en el cual se dan a conocer publicaciones que plantearon las bases teóricas del ejercicio isocinético (35), produciendo aparatos como el Ergómetro Isocinético en 1927.

Posteriormente con el desarrollo tecnológico se han creado máquinas dinamométricas capaces de realizar medidas más válidas y reproducibles que los test manuales (Schwartz, 1992) y los primeros dinamómetros en España y dinamómetros isométricos como el dinamómetro de García Fraguas (1990) y Zander (1904) y el dinamómetro Jamar de presión de Bechtol (1954), hasta llegar a la electromiografía Introducida por Adrián y Bronk (1929) Weddel (1942) estudió enfermedades neuromusculares con este método (35).

A continuación, se muestran los test específicos para la valoración en función del tipo de fuerza:

Fuerza Maxima: Dinamómetros (isométricos de cable, tensiómetros, máquinas de musculación), test de sentadilla máxima, test de press de banca máximo

Fuerza Explosiva

Test de salto vertical "Squat Jump"

Test de Abalakov

Test de salto en contramovimiento "Counter Movement Jump"

Test de saltos sucesivos

Test de lanzamientos de balón medicinal

Test de lanzamiento a una mano

Fuerza Resistencia

Test de dominadas

Test de flexo-extensiones de pierna

Test abdominal

Test de extensión de brazos en suelo

Dinamometría Isométrica.

En el presente estudio se midió la fuerza por medio de la dinamometría, puesto que la valoración fuerza muscular se puede determinar mediante la dinamometría isométrica, esta consiste en la utilización de células de carga, plataformas de fuerza u otros utensilios, que cuantifiquen la fuerza que un músculo o grupo muscular es capaz de desarrollar mediante una contracción muscular isométrica García Manso, (6).

Desde hace aproximadamente dos décadas, se han ido validando aparatos y protocolos con dinamómetros isométricos, convirtiendo este método de valoración en uno de los más usados (35). A continuación, se presentan las posibles ventajas y desventajas presentes en su utilización:

Ventajas:

Simplicidad de uso

Reproductibilidad y seguridad

Bajo coste y la necesidad de poca experiencia técnica para su uso.

Desventajas:

Poca sensibilidad.

Poco discriminantes.

No es un indicador valido para sobreentrenamiento.

Según Kolber y Cleland (35), la dinamometría isométrica es un método válido y fiable que puede utilizarse para la evaluación de la fuerza, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

El probador y dispositivo estén adecuadamente estabilizados.

Exista una adhesión al protocolo de prueba.

El dispositivo esté en posición perpendicular al segmento de la extremidad evaluada.

Se repitan las medidas con el mismo dispositivo.

En esta investigación se determinan los pasos a seguir para una medición de fuerza confiable por medio de un protocolo detallado.

2.1.3 Protocolo de valoración de la fuerza por dinamometría isométrica

En la medición de la fuerza se utilizó el dinamómetro de pedestal marca Takei, el cual esta calibrado y avalado para investigación. Este dinamómetro es versátil debido a que tiene varias piezas de sujeción intercambiables para poder adaptarlo a las necesidades, en este caso la medición de fuerza de flexo-extensión del codo, figura 4.



Figura 4. Dinamómetro Takei y base desmontable.

2.1.3.1 Protocolo de valoración de la fuerza de bíceps.

Para medir la fuerza de bíceps el sujeto se posiciona de pie con el tronco totalmente recto y las piernas extendidas colocando los pies al ancho de los hombros, con la ayuda de un goniómetro se fija la posición del brazo en flexión de noventa grados (90°) y se gradúa el agarre para que cuando el sujeto tome la barra con agarre en supinación, se conserve el ángulo fijado con el goniómetro para iniciar la medición, el evaluado dispone de tres intentos para realizar la flexión de brazos al máximo de sus posibilidades con pausas de 3 minutos entre cada intento y se registra el valor más alto de los tres intentos.



Figura 5. Valoración de la fuerza de bíceps por dinamometría.

2.1.3.2 Protocolo de Valoración de la Fuerza de Tríceps.

Para medir la fuerza de tríceps el dinamómetro Takei T17k se desmonta de la base y con la ayuda del soporte que tiene como accesorio para colgarlo (T.K.K.5710e), se adhiere a una barra firme de manera que el dinamómetro quede colgante, el sujeto se posicionara de pie frente al dinamómetro totalmente erguido y con la ayuda de un goniómetro se fija la posición del brazo en flexión de noventa grados (90°) y se gradúa la cadena para que cuando el sujeto tome la barra con agarre en pronación, se conserve el ángulo fijado con el goniómetro para iniciar la medición, el evaluado dispone de tres intentos para realizar la extensión de brazos al máximo de sus posibilidades con pausas de 3 minutos entre cada intento y se registra el valor más alto de los tres intentos.



Figura 6. Valoración de la fuerza de tríceps por dinamometría.

Motivación durante las pruebas

La máxima fuerza muscular voluntaria se puede manifestar solamente entre el 60 y 70% de sus máximas posibilidades mientras que en personas entrenadas el porcentaje puede llegar del 80 al 90 % Zaziorski (1966), Cometti (1988) (54). Para poder expresar un potencial mayor de la fuerza máxima se deben tener en cuenta

factores emocionales como la respuesta ante una situación estresante, miedo, desesperación, etc., los cuales pueden elevar los niveles hasta un grado insospechado por el individuo. Pero también responde a factores funcionales, es decir, la motivación produce la movilización de fibras musculares (del grupo II) las cuales en situaciones normales no son estimuladas (55).

Teniendo en cuenta este postulado, como parte del protocolo para medir la fuerza, se motivará al individuo mediante palabras de ánimo, mas no se recomienda contacto alguno, todo esto para que el deportista pueda expresar su máximo potencial.

2.2 COMPOSICIÓN CORPORAL SEGMENTARIA.

El organismo humano no se constituye en una simple masa, por el contrario tiene varios componentes entre ellos la grasa, el musculo y los huesos que son estudiados por la antropometría. El término antropometría proviene del griego anthropos (humano) y métricos (medida), La antropometría se refiere a las diferentes medidas del tamaño y las proporciones del cuerpo BLhumano (56).

Mediante ecuaciones antropométricas de predicción se puede estimar la densidad corporal, y a partir de este valor se puede calcular el porcentaje de grasa corporal (%GC) y por derivación la masa libre de grasa (MLG) (2, 6) todo ello estimado mediante la composición corporal segmentaria o proporcionalidad.

La antropometría ha desarrollado varios sistemas finitos que permiten agrupar totalmente los segmentos corporales con el fin de definir cada uno de los sistemas empleados. Hoy en día, se reconocen cuatro tipos de sistemas corporales totales segmentarios que involucra todo el cuerpo humano: SC-14, SC-15, SC-16 y el SC-18 (39).

Uno de los sistemas es el SC-14, es un sistema ampliamente utilizado y avalado por la sociedad Internacional de Biomecánica (ISB), en sus estudios de distribución de la masa corporal y sus porcentajes de contribución. Consiste en

dividir al cuerpo humano en 14 segmentos corporales para un mejor estudio del mismo. En la figura 5 se establecen los 14 segmentos y sus localizaciones.

Este sistema (ISB), comprende 14 segmentos:



Figura 7. Sistema Internacional más utilizado SC-14 (ISB) (Dempster,1955).

El estudio llamado “Estimación de la masa muscular segmentada, por medio de ecuaciones antropométricas y su relación con la dexa, en deportistas recreativos” describió y comparo la composición corporal por segmento anatómico, del tronco, miembros superiores y miembros inferiores de los sujetos evaluados por medio del método DEXA (Dual Energy X-ray Absorciometry) y otros métodos antropométricos. Y mediante ecuaciones de regresión múltiple se realizó la medición de la composición corporal segmentaria y se comparó con el resultado de la evaluación DEXA. Mostrando una correlación alta de $r= 0,9$ (38).

2.2.1 Proporcionalidad

Existen dos conceptos diferentes; proporción y forma, este último se refiere a la estructura global del cuerpo humano analizándolo desde el punto de vista del somatotipo y la proporción o proporcionalidad da cuenta de la forma y la morfología en relación con la funcionalidad del organismo es decir que estudia la manera en que el movimiento se puede ver afectado por las proporciones del cuerpo (57).

Para determinar la proporcionalidad se han usado diferentes métodos como el método de Phantom, de Behnke y Wolmore y el de Ross y Wison (1974) los cuales han tenido sus ventajas y desventajas por lo que Lentini (1976) creo un método combinado para la medición de la proporcionalidad (40, 57). Por medio de la composición corporal segmentada y/o la proporcionalidad se ha podido llegar a estimar el área muscular del brazo (4, 14, 15, 21).

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL.

Establecer los factores que predicen la Fuerza Máxima (FM) en los brazos de los deportistas del Valle del Cauca.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Determinar la Fuerza Máxima y la masa muscular segmentaria de los brazos en deportistas del Valle del Cauca.

Determinar las diferentes manifestaciones de la fuerza inmersas en el entrenamiento del brazo en deportistas del Valle del Cauca.

Establecer la correlación entre la FM y la masa muscular segmentaria del brazo en deportistas del Valle del Cauca.

Establecer un modelo predictivo de la FM del brazo mediante composición corporal segmentaria de deportistas del Valle del Cauca

4. METODOLOGÍA

Para constituir el presente paradigma se midió la fuerza máxima y se calculó la masa muscular segmentada de los brazos de deportistas de alto nivel del Valle del Cauca luego se correlaciono la FM con Composición corporal del brazo y se cuantificó dicha relación, tras este paso se propone un modelo predictivo de la fuerza máxima del brazo mediante antropometría y composición corporal segmentada o proporcionalidad como aporte a la planificación deportiva y a manera de producción.

4.1 Tipo de estudio

El presente es un estudio descriptivo, transversal con una fase correlacional.

4.2 Población y muestra

Se tuvo como población a los deportistas que hacen parte de las Ligas vallecaucanas de powerlifting, levantamiento de pesas y fisicoculturismo, para representar las tres manifestaciones principales de la fuerza, es decir, fuerza máxima, fuerza velocidad y fuerza resistencia respectivamente, son deportistas de alto nivel usuarios de la fuerza como principal capacidad física desarrollada en sus prácticas deportivas los cuales cumplieron con los criterios de inclusión así como también participaron de manera voluntaria en el presente estudio, a continuación se presenta la relación de la muestra participante:

Liga vallecaucana de Levantamiento de Pesas; 6 hombres y 4 mujeres.

Liga vallecaucana de Levantamiento de Pesas (Paralímpico); 7 hombres y 6 mujeres.

Liga vallecaucana de Potencia; 15 hombres 6 mujeres.

Liga vallecaucana de Fisicoculturismo; 5 hombres 5 mujeres

Para una muestra total de 55 deportistas y la muestra es el total de la población.

4.3 Criterios de inclusión

Deportistas inscritos oficialmente con más de un año de afiliación a las Ligas Vallecaucanas de Levantamiento de Pesas, Potencia y Físicoconstructivismo.

Deportistas que aceptaron el consentimiento informado de manera libre y voluntaria para hacer parte de este estudio.

4.4 Criterios de exclusión

Deportistas que no entrenaban con una frecuencia menor al 70% con la selección.

Deportistas que presentaban diagnósticos de lesión músculo esquelético u otras manifestaciones patológicas o de enfermedad al momento de la evaluación.

4.5 Técnicas e instrumentos

Para la presente investigación se llevó a cabo con la ayuda de los parámetros establecidos por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK) por sus siglas en inglés.

Como técnicas de la presente investigación se utilizaron la observación mediante; la encuesta, la medición antropométrica y la medición de fuerza. Los instrumentos utilizados fueron los siguientes:

Para la encuesta: anexo A, el cual se establece para la recolección de datos personales y del entrenamiento llevado a cabo.

Para la medición antropométrica: anexo B, que permite recolectar los datos antropométricos con la información obtenida por medio de; plicometro, bascula, metro antropométrico y tallimetro.

En este formato se registraron las siguientes mediciones de los brazos:

Longitud (cm)

Circunferencia máxima (cm)

Circunferencia media (cm)
Panículo tríceps (Mm)
Masa segmental (Kg)
Área total del brazo (Cm²)
Área muscular del brazo (Cm²)

4.6 Elementos para la recolección de la información

Para la valoración de la Fuerza se utilizó un dinamómetro Takei el cual es conocido mundialmente por ser un dispositivo de medición confiable y se constituye en una excelente herramienta para explorar fuerzas en el cuerpo humano (figura 6).



Figura 8. Dinamómetro Takei.

Para la medición de la composición corporal segmentaria se utilizó un Caliper Slim Guide y una cinta métrica Lufkin w606 (figura 7).



Figura 9. Caliper Slim Guide y Cinta métrica Lufkin

Tabla 1. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN	VALORES POSIBLES
Edad	Tiempo de años vividos que transcurren desde el nacimiento	Años cumplidos
Frecuencia de entrenamiento	Días de la semana que el estudiante entrena	1 día, 2 días 3 días, 4 días 5 días o más
Años de práctica	Tiempo en años que el estudiante lleva realizando la práctica	Menos de 1 año entre 1 año y 5 años Entre 6 y 10 años
Años en la selección	Tiempo en años que el deportista lleva entrenando con la selección	Menos de 1 año entre 1 año y 2 años entre 3 y 4 años 5
Talla	Medida obtenida entre el vertex y la planta de los pies	Centímetros
Peso	Medida obtenida de la fuerza de gravedad que ejerce el peso del	Kilogramos
Índice de masa corporal IMC	Medida obtenida entre la relación del peso y la talla elevada al	Infrapeso, normopeso, sobrepeso u obesidad
Perímetro del brazo relajado.	Medida obtenida de la circunferencia del brazo sin tensión alguna	Centímetros
Perímetro del brazo flexionado.	Medida obtenida de la circunferencia del brazo flexionado y en su máxima	Centímetros
Pliegue del brazo, bíceps.	Medida obtenida del grosor del pliegue cutáneo bicipital.	Milímetros
Pliegue del brazo, tríceps.	Medida obtenida del grosor del pliegue cutáneo tricipital.	Milímetros
Fuerza de bíceps	Capacidad de fuerza máxima que posee el bíceps	Kilogramos.

Fuerza de tríceps	Capacidad de fuerza máxima que posee el tríceps	Kilogramos
Área total del brazo	Medida obtenida del perímetro del brazo	Cm ²
Área muscular del brazo	Medida obtenida del perímetro del brazo	Cm ²

Fuente: Elaboración propia

4.7 Procedimiento

A continuación, se relacionan los pasos que se llevaron a cabo en la presente investigación:

Se solicitó a las Ligas de Levantamiento de pesas, Powerlifting y Fisicoculturismo del Valle el listado de la selección vallecaucana de cada deporte para evaluar la fuerza y la masa segmental de los brazos en los deportistas de dichas selecciones. Lo anterior para involucrar a todos los interesados en el proyecto de investigación.

Una vez se contó con el listado oficial, se procedió a seleccionar la población y muestra que hizo parte de la presente investigación.

4.8 Calibración de evaluadores y prueba piloto

Con la debida firma del consentimiento informado por cada uno de los deportistas, se citó bajo las mismas condiciones a todos, es decir, a la misma hora y con los mismos requisitos locativos y de entrenamiento, lo que significó que las mediciones se realizaron de manera estandarizada.

La recolección de la información se hizo con un protocolo detallado, se procedió a la medición antropométrica y de fuerza de cada uno de los individuos, se tabuló la información recolectada y se procedió al análisis de la información y elaboración del informe final, así como a la elaboración del artículo para su publicación.

4.9 Consideraciones éticas.

Esta fue una investigación catalogada con un riesgo mínimo según el artículo 11 de la resolución N° 008430 de 1993, ya que es un estudio que empleó el registro de datos a través de procedimientos comunes consistentes en: exámenes físicos, entre los que se consideran la toma de talla y peso y las evaluaciones de la fuerza muscular, así mismo tuvo en cuenta los principios éticos de la declaración de Helsinki en la que se resalta el artículo 9 que establece la protección de la vida, la salud, la dignidad, la integridad, el derecho a la autodeterminación, la intimidad y la confidencialidad de la información personal de las personas que participan en la investigación.

4.10 Análisis estadístico

La sistematización de la información se realizó en el programa SPSS versión 24, tras haber realizado la limpieza y depuración de los datos. Se llevó a cabo la primera etapa de análisis que corresponde al análisis univariado de las variables categóricas y la magnitud de la misma a través de la distribución de frecuencias absolutas y relativas.

Posteriormente, se realizó la prueba de normalidad de las variables, para establecer el tipo de coeficientes a utilizar. Para las variables paramétricas se utilizó el coeficiente de correlación Pearson y para las no paramétricas el coeficiente de correlación de spearman. El nivel de correlación fue asumido con un p valor de $<0,05$. Una vez definido las variables que mostraron correlación se procedió a establecer un modelo de predicción de la fuerza de brazos para el bíceps y se segmentaron los datos por sexo.

5. RESULTADOS

Tras aplicar las pruebas y procesar la información se encontraron los siguientes resultados:

Tabla 2. Valores de la masa muscular y fuerza máxima en los brazos de los deportistas del Valle del Cauca.

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Masa muscular segmentada (Kg)	3,40	15,70	7,0800	2,51296
Fuerza de bíceps (Kg)	5,00	42,00	16,8727	6,64177
Fuerza de tríceps (Kg)	5,00	44,00	17,6182	8,18873

Fuente: Elaboración propia

Al estimar la masa muscular segmentada, ésta presentó un rango de 3,4 a 15,7 kilogramos. En cuanto al nivel de fuerza máxima, se alcanzó un nivel de entre 5 y 42 Kg a través de la dinamometría para la flexión del codo por medio de la contracción de bíceps y entre 5 y 44 Kg de FM en tríceps, hecho que nos indica una similitud en la fuerza máxima tanto en la fase concéntrica como la fase excéntrica para deportistas de alto nivel usuarios de la fuerza, sin embargo en la tabla 3 se evidencia que al separar los resultados por sexo, las mujeres presentan diferencias entre la fuerza de bíceps y tríceps por lo que se tendrá en cuenta como primer factor inmerso en la producción de fuerza.

Tabla 3. Valores de la masa muscular y fuerza máxima en los brazos de los deportistas del Valle del Cauca según el sexo.

Variables	Sexo	Minima	Maximo	Media	D.E	Intervalo de confianza (95%)	
						Límite inferior	límite superior
Masa muscular segmentada	Mujer	3,40	9,80	5,21	1,51	4,63	5,86
	Hombre	5,00	15,70	8,42	2,21	10,52	14,47
Fuerza de bíceps (Kg)	Mujer	5,00	22,00	12,39	4,74	10,47	14,39
	Hombre	13,00	42,00	20,09	5,93	7,72	9,18
	Mujer	5,00	25,00	12,26	4,55	18,31	22,43

Fuerza de tríceps (Kg)	Hombre	12,00	44,00	21,46	8,09	18,81	24,43
------------------------	--------	-------	-------	-------	------	-------	-------

En la tabla anterior se puede evidenciar como por sexo la masa muscular segmentada es mayor en los hombres en relación con la de las mujeres, lo mismo ocurre para la fuerza de bíceps y tríceps, situación que se puede corroborar en el gráfico 1 y nos brinda el segundo factor que está inmerso en la producción de fuerza y puede determinar los rangos de la misma.

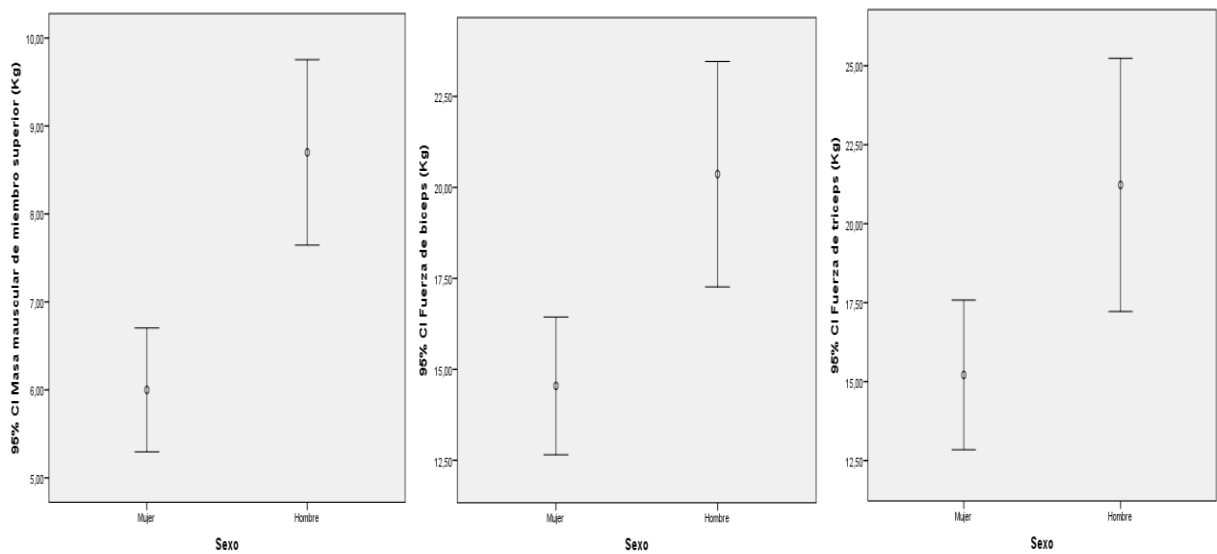


Figura 10. Masa muscular y fuerza máxima en los brazos de los deportistas de alto nivel del Valle del Cauca según el sexo.

Tabla 4. Prueba de normalidad para las variables masa segmentaria, fuerza bíceps tríceps por género

Variables	Sexo	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Masa muscular de miembro superior (Kg)	Mujer	,884	23	,012
	Hombre	,922	32	,024
Fuerza de bíceps (Kg)	Mujer	,905	23	,032
	Hombre	,848	32	,000
Fuerza de tríceps (Kg)	Mujer	,951	23	,300

	Hombre	,909	32	,011
--	--------	------	----	------

La tabla anterior evidencia que ninguna de las tres variables muestra distribución normal por sexo lo cual implica realizar la prueba no paramétrica de U de Mann Whitney para evaluar la normalidad de los datos.

Tabla 5. Diferencias entre la masa muscular segmentada, fuerza bíceps y fuerza de tríceps por sexo.

	Masa muscular de miembro superior (Kg)	Fuerza de bíceps (Kg)	Fuerza de tríceps (Kg)
U de Mann-Whitney	67,000	86,500	103,500
Z	-5,137	-4,815	-4,526
Sig. asintótica (bilateral)	,000	,000	,000

La tabla 5 muestra que hay diferencias estadísticamente significativas en las variables de la masa segmentaria, fuerza de bíceps y fuerza de tríceps determinadas por el sexo, por lo que el sexo se tendrá en cuenta como el segundo factor predictivo de la fuerza.

Tabla 6. Diferentes manifestaciones de la Fuerza en relación con el sexo.

Tipo de fuerza	Sexo		Total
	Mujer	Hombre	
Máxima	12	21	33
	52,17%	65,62%	60,0%
Velocidad	6	5	11
	26,08%	15,62%	20,0%
Resistencia	5	6	11
	21,73%	18,75	20,0%
Total	33	22	55
	100	100	100

Fuente: Elaboración propia

El sexo de mayor frecuencia en el entrenamiento de fuerza máxima fue el masculino con 21 individuos en el tipo de fuerza máxima con el 65,62% de los atletas, sin embargo, en el presente estudio se demostró que, aunque tiene una relación levemente mayor, el hecho de entrenar fuerza máxima con la medición hecha por dinamometría, no significa que las otras manifestaciones de la fuerza no tengan relación, es decir, la relación entre la masa muscular segmentada y la fuerza máxima no varía en los deportes de fuerza resistencia y fuerza potencia por lo que en este estudio las manifestaciones de la fuerza no se constituyen como un factor predictor de la fuerza máxima.

Tabla 7. Distribución de la edad media según el tipo de fuerza en los deportistas del Valle del Cauca.

Edad (años)				Intervalo de Confianza (95%)	
Tipo de Fuerza	Media	n	D.E	Límite inferior	Límite superior
Maxima	26,6970	33	10,07933	23,1	30,2
Velocidad	23,3636	11	3,00908	21,3	25,4
Resistencia	20,4545	11	2,62159	18,7	22,2
Total	24,7818	55	8,34375		

Fuente: Elaboración propia

La distribución de las variables de estudio establece algunos parámetros de referencia, como por ejemplo la media de la edad de 26,6 años +/- 10,07 años para los deportistas donde prevalece el entrenamiento de la fuerza máxima, 23,3 años +/- 3 años para los deportistas de entrenamiento basado en fuerza velocidad y 20,4 años +/- 2,6 años para quienes sustentan sus entrenamientos en la resistencia a la fuerza, pero no es un factor predictor de la fuerza máxima, por lo que en este estudio la edad no se constituyen como un factor predictor de la fuerza máxima.

Tabla 7. Estadísticos descriptivos de la muestra en relación con la masa muscular segmentada y la fuerza frente al tipo de fuerza

Tipo de Fuerza		Masa muscular de miembro superior (Kg)	Fuerza de bíceps (Kg)	Fuerza de tríceps (Kg)
Máxima	Media	7,3667	16,7273	17,2727
	N	33	33	33
	Desviación estándar	2,56096	7,86715	9,23063
Velocidad	Media	6,9636	16,0909	17,2727
	N	11	11	11
	Desviación estándar	2,95847	4,08545	7,79860
Resistencia	Media	6,3364	18,0909	19,0000
	N	11	11	11
	Desviación estándar	1,86187	4,59248	5,09902
Total	Media	7,0800	16,8727	17,6182
	N	55	55	55
	Desviación estándar	2,51296	6,64177	8,18873

Fuente: Elaboración propia

Nótese la que la diferencia de promedios entre la masa muscular segmentada en relación con el tipo de fuerza que predomina en la práctica de su deporte es mínima, tan solo de 1.03, hecho que nos reafirma que no existe relación entre la masa muscular segmentada y la fuerza máxima en los deportes de fuerza resistencia y fuerza potencia por lo que en este estudio las manifestaciones de la fuerza no se constituyen como un factor predictor de la fuerza máxima.

Un comportamiento similar se evidencia en la relación de la fuerza máxima de bíceps y tríceps, donde la diferencia de promedios es de tan solo 0,54, de igual manera sucede con la fuerza velocidad que presenta una diferencia de 1,18 y la fuerza resistencia con una diferencia de 0,90 demostrando que el hecho de entrenar cualquiera de las manifestaciones de fuerza influye directamente en las

adaptaciones musculares y el resultado final de FM tanto en bíceps como en tríceps a pesar de que el tríceps tiene una porción mayor de masa muscular.

La Fuerza Máxima de los brazos en deportistas de alto nivel del Valle del Cauca se midió por dinamometría tanto en bíceps como en tríceps arrojando un rango de 5 a 23 kilogramos fuerza para bíceps y de 5 a 33 Kg fuerza para tríceps en las mujeres y un rango de 13 a 42 Kg fuerza para bíceps y de 12 a 44 Kg fuerza para tríceps en los hombres (tabla 1), lo que corrobora las diferencias que existen entre los niveles de fuerza correspondientes al sexo, así como las diferencias entre la cantidad de musculo y la fuerza como es el caso de bíceps con sus dos segmentos (porción corta y porción larga) y el tríceps con sus tres segmentos (cabeza larga, cabeza media y cabeza lateral).

Gracias a la antropometría y con marcación bajo los estándares de la asociación internacional para la cineantropometría (ISAK) se establecieron los puntos en los cuales tomar perímetros y pliegues que se utilizaron en la estimación de los valores de la masa muscular en miembros superiores (MMES) con la siguiente fórmula de estimación para masa muscular de los miembros superiores; $MMES (kg) = ((Talla - Pliegue de Tríceps) \times (0,043 \times Perímetro Brazo relajado ^ 2) - Peso) / 1000$, con un valor $r = 0,83$ y un error estimado de 0,61 kg, esta fórmula fue creada por Rodríguez et al. (2010). De esta manera se encontró que la masa muscular segmentada en los brazos esta entre 3,4 y 10,5 Kg para las mujeres y de 5,9 a 15,7 Kg para los hombres con un error estándar de 2,51 Kg por cada brazo, lo que concuerda con las diferencias de masa muscular entre sexo determinadas por los niveles de testosterona.

Una vez estimados los niveles de fuerza y la cantidad de masa muscular segmentada se estableció la relación entre la FM y la masa muscular segmentaria del brazo en deportistas de alto nivel del Valle del Cauca y debido a que los valores de las variables resultantes son numéricas y homogéneos y la muestra está constituida por más de 50 sujetos.

Correlaciones

Para el cálculo de las correlaciones entre las variables masa muscular fuerza de bíceps y fuerza de tríceps, se realiza inicialmente un diagnóstico de normalidad para estas evidenciando que la masa muscular y la fuerza de bíceps según el test de Kolmogorov Smirnov presentan una distribución normal (KS=0,106 sig=0,191; KS=0,120 sig=0,046), lo cual permite efectuar el coeficiente de correlación de Pearson. En tanto que la fuerza de tríceps no mostró distribución normal lo (KS=0,178 sig=0,00), y por ello se utiliza el coeficiente no paramétrico de Spearman. A continuación, se muestran los resultados.

Tabla 8. Correlación entre la masa muscular y la fuerza máxima de brazos

Variable		Fuerza de bíceps (Kg)	Fuerza de tríceps (Kg)
Masa muscular de miembro superior (Kg)	Correlación	,666**	,655*
	Sig. (bilateral)	,000	,000
	N	55	55

*Rho de Spearman, ** Pearson

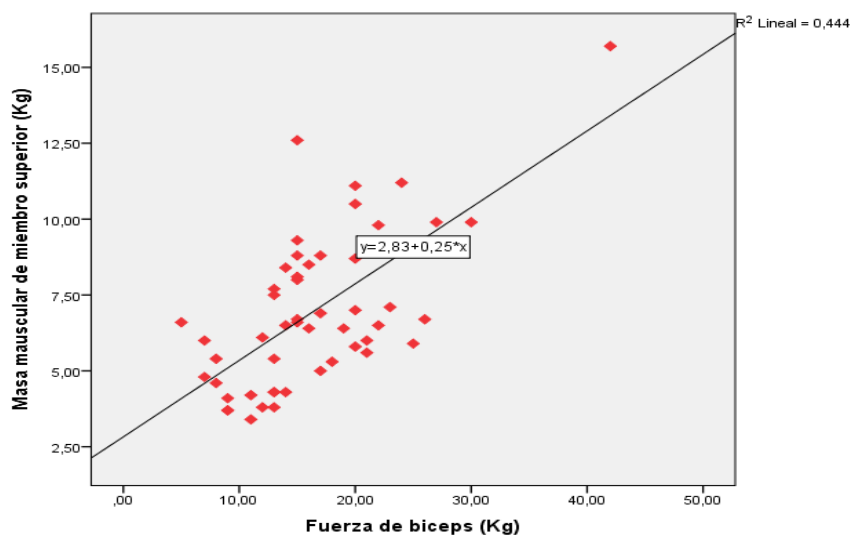


Figura 11. Correlación entre la masa muscular y la fuerza máxima de brazos.

La tabla y gráfica anterior muestra el cálculo de correlación entre la masa muscular y la fuerza de bíceps encontrándose una correlación buena, y directa la cual es moderada 0,6666, mientras que la correlación de la masa muscular con la fuerza de tríceps es positiva y moderada, es decir que existe relación y es una buena relación entre la masa muscular segmentada y la fuerza máxima.

En el grafico 2 se muestra la alta relación entre la fuerza máxima de tríceps y bíceps con la masa muscular segmentada, exponiendo que a medida que se gana un kilogramo de fuerza máxima en tríceps, también se aumentan 0,22 kg de fuerza y por cada kilogramo de fuerza que aumenta el bíceps, la masa muscular segmentada aumenta en 0,25 kg.

Tabla 9. Correlación entre la masa muscular y la fuerza de bíceps y fuerza de tríceps según la edad

		Masa muscular de miembro superior (Kg)	Fuerza de bíceps (Kg)	Fuerza de tríceps (Kg)
Spearman	Edad	,122	,007	-,064
	(años)	,377	,960	,643
		55	55	55

Se procedió a correlacionar la fuerza máxima y la masa muscular segmentada con la edad para evidenciar que tipo de relación existe entre estas variables y se encontró que no existe correlación alguna, la relación entre la masa muscular segmentada y la fuerza máxima no varía en los deportistas de alto nivel independientemente de la edad que estos tengan, por lo que en este estudio la edad no se constituyen como un factor predictor de la fuerza máxima.

Tabla 10. Correlación entre la masa muscular, la fuerza de bíceps, fuerza de tríceps y edad según el tipo de fuerza.

Tipo de Fuerza			Masa muscular de miembro superior (Kg)	Fuerza de bíceps (Kg)	Fuerza de tríceps (Kg)	Edad (años)
Máxima	Rho de Spearman	MMES (Kg)	1,000	,641**	,656**	,011
				,000	,000	,953
			33	33	33	33
Velocidad	Rho de Spearman	MMES (Kg)	1,000	,897**	,885**	,104
				,000	,000	,761
			11	11	11	11
Resistencia	Rho de Spearman	MMES (Kg)	1,000	,604*	,531	,373
				,049	,093	,258
			11	11	11	11

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior evidencia como al correlacionar en los deportistas que entrenan la fuerza máxima con la masa muscular del brazo con la fuerza de bíceps y tríceps se encontró correlación positiva y moderada, mientras que con la edad no hubo correlación ; para quienes entrenan con la fuerza de velocidad hubo correlación positiva y fuerte entre la masa muscular y la fuerza de bíceps y tríceps y para quienes entrenan con la fuerza de resistencia solamente hubo correlación con la fuerza de bíceps la cual fue positiva y moderada.

Posterior al análisis entre el la masa muscular segmentada y las variables categóricas en la investigación se encuentra que las categorías que se asocian directamente con la fuerza máxima son: sexo y grupo muscular. Con base en este resultado se procedió a ejecutar una regresión lineal simple (Tabla 11) para crear un modelo de predicción de la fuerza de brazos para el bíceps y se segmentaron los datos por sexo debido a que la fuerza y masa muscular son diferentes en hombres y mujeres como se ha venido demostrando.

Tabla 11. Regresión lineal simple para la fuerza de bíceps.

Sexo	Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	99,0% intervalo de confianza para B	
		B	Error est.	Beta			Límite inferior	Límite superior
Mujer	(Constante)	5,517	3,358		1,643	,115	-3,990	15,023
	MMES (Kg)	1,319	,620	,421	2,129	,045	-,435	3,073
Hombre	(Constante)	8,898	3,688		2,413	,022	-1,245	19,040
	MMES (Kg)	1,329	,424	,497	3,136	,004	,164	2,495

a. Variable dependiente: Fuerza de bíceps (Kg)

Fuente: Elaboración propia

Dicha prueba arroja las constantes; 5,517 y 3,358 y un error estándar de 3,978 para la fuerza de bíceps en mujeres y las constantes de 8,898 y 3,688 y un error estándar de 4,112 para la fuerza de bíceps en hombres, por lo que se proponen los siguientes modelos:

$$\text{Fuerza de Bíceps en Mujeres (FBM)} = 5,517 + 1,319 \times \text{MMES} \quad (1)$$

$$\text{Fuerza de Bíceps en Hombres (FBH)} = 8,898 + 1,329 \times \text{MMES} \quad (2)$$

PRONOSTICO: dado que el modelo propuesto cumple con los supuestos planteados se procedió a hacer un pronóstico tanto para un hombre como para una mujer de la siguiente manera:

Según el modelo propuesto 1: una mujer con 1,57 metros de estatura, 12 milímetros en el pliegue de tríceps, 24,75 centímetros de perímetro en el brazo y una masa de 45,9 kilogramos, tendría una masa muscular segmentada

de miembro superior de 3,79 kg y según el modelo propuesto en esta investigación, puede poseer un nivel de fuerza máxima en bíceps de:

$$\text{Fuerza de Bíceps en Mujeres (FBM)} = 5,517 + 1,319 \times 3,79 \text{ kg}$$

$$\text{Pronostico para FBM} = 10,51 \text{ KG}$$

Si realizamos el mismo procedimiento según el modelo estimado 1: en un hombre que tenga 1,72 metros de estatura, 9,5 milímetros en el pliegue de tríceps, 37,85 centímetros de perímetro en el brazo y una masa de 82,7 kilogramos, tendría una masa muscular de 9,87 kg podemos predecir que su fuerza máxima en bíceps debería de ser:

$$\text{Fuerza de Bíceps en Hombres (FBH)} = 8,898 + 1,329 \times 9,87 \text{ kg}$$

$$\text{Pronostico para FBH} = 22,23 \text{ KG}$$

Así mismo se realizó una regresión lineal simple (Tabla 12) segmentada por sexo para la fuerza de tríceps la cual arrojó las constantes; 3,856 y 1,612 con un error estándar en la estimación de los resultados de 3,551 para las mujeres y las constantes; 3,132 y 2,177 con un error estándar en la estimación de los resultados de 5,181 para los hombres.

Tabla 12. Regresión lineal simple para la fuerza de tríceps.

Sexo	Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	99,0% intervalo de confianza para B	
		B	Error estándar	Beta			Límite inferior	Límite superior
Mujer	(Constante)	3,856	2,998		1,286	,212	-4,633	12,346

	MMES (Kg)	1,612	,553	,537	2,91 4	,008	,046	3,179
Hom bre	(Constante)	3,132	4,64 7		,674	,505	- 9,647	15,91 1
	MMES (Kg)	2,177	,534	,597	4,07 7	,000	,709	3,646
a. Variable dependiente: Fuerza de tríceps (Kg)								

Fuente: Elaboración propia

Basados en la tabla 12 se proponen los siguientes modelos:

$$\text{Fuerza de Tríceps en Mujeres (FTM)} = 3,856 + 1,612 \times \text{MMES} \quad (1)$$

$$\text{Fuerza de Tríceps en Hombres (FTH)} = 3,132 + 2,177 \times \text{MMES} \quad (2)$$

Pronostico: El modelo en el caso de la fuerza máxima de tríceps cumple con los supuestos previstos al igual que para la fuerza máxima de bíceps, por ello se procede a hacer un pronóstico tanto para un hombre como para una mujer así: Según el modelo estimado 1: para una mujer que tenga una masa muscular de 3,79 kg su fuerza en tríceps debería de ser:

$$\text{Fuerza de tríceps en mujeres (FTM)} = 3,856 + 1,612 \times 3,79 \text{ kg}$$

$$\text{Pronostico para Fuerza de Tríceps en Mujeres} = 9,96 \text{ kg}$$

En el caso de los hombres con el modelo estimado 2: en un hombre que tenga una masa muscular de 9,87 kg su fuerza máxima de tríceps debería de ser:

$$\text{Fuerza de tríceps en hombres (FTH)} = 3,132 + 2,177 \times 9,87 \text{ kg}$$

$$\text{Pronostico para Fuerza de Tríceps en hombres} = 24,61 \text{ kg}$$

Se han aplicado las propuestas del modelo a manera de prueba piloto con resultados satisfactorios en otros deportistas no afiliados a las Ligas de Fisicoculturismo, Levantamiento de Pesas y Powerlifting para la fuerza de bíceps y tríceps.

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Existen métodos para la evaluación de la composición corporal y la fuerza que varían en dependencia del autor y el objetivo, algunos de ellos más sofisticados y costosos, no obstante, con la presente investigación se ha demostrado que utilizando métodos asequibles y fiables se puede llegar a correlacionar variables como la masa muscular y la fuerza para poder predecir la fuerza proponiendo un nuevo método que sirva de base en el proceso de planificación deportiva otorgando una medición del nivel de fuerza máxima del individuo.

Romper paradigmas de diferentes autores y entrenadores de la fuerza que han tomado posición frente al hecho de que no existe relación entre el diámetro de un segmento corporal y la fuerza del mismo, pero no han tenido en cuenta la composición corporal de dicho segmento, en otras palabras, no se ha relacionado la masa muscular, quien es el protagonista en la producción de fuerza, con la fuerza máxima.

En el presente estudio se establecen los factores que predicen la fuerza máxima (FM) en los brazos de los deportistas de alto nivel del valle del cauca. Encontrando que la masa muscular segmentada es el primer factor y presento una media de 7,08 Kg, con una fuerza de bíceps de 16,87 kg y fuerza de tríceps de 17,6 kg, datos que al ser comparado con otros estudios evidencian como en el estudio de “Estimación de la masa muscular por diferentes ecuaciones antropométricas en levantadores de pesas de alto nivel” (42), se encontraron valores promedios de MM estimados por los nueve métodos estudiados oscilaron entre $35,7 \pm 5,9$ kg (método de Lee-2) y $52,8 \pm 11,5$ kg (ecuación de Martin), los cuales son mucho más altos que los encontrados en el presente estudio.

De igual forma estos resultados son comparables con el estudio de Rodríguez (12) quien propone una ecuación para la estimación de la masa muscular de los miembros superiores e inferiores, encontrando como al comparar deportistas de diferentes deportes, la MM total de los sujetos presenta diferencias importante

entre los grupos, donde el grupo de rugbistas y de futbolistas tienen marcadamente más MMES que los gimnastas y los estudiantes de Educación Física.

Así mismo, la MMES es marcadamente más alta en los sujetos rugbistas que en el resto de los grupos este estudio se concluye como la distribución de la masa muscular por regiones corporales es distinta entre las disciplinas deportivas, ya que los requerimientos musculares difieren de uno a otro, volviendo cada deportista, especialista en su área de desarrollo motriz, datos que aunque pueden ser diferentes a los del presente estudio muestran la relevancia de la estimación de la masa muscular por otros métodos.

En cuanto a la distribución de las manifestaciones de la fuerza con el género se encontró como el de mayor frecuencia fue el masculino con 21 individuos y el tipo de fuerza de mayor prevalencia fue la máxima con el 60% de los atletas, sin embargo, en el presente estudio se demostró que, aunque tiene una relación levemente mayor el hecho de entrenar fuerza máxima con la medición hecha por dinamometría, no significa que las otras manifestaciones de la fuerza no tengan relación, datos que al ser comparados, es básico resaltar que no se han encontrado estudios similares donde se cuente con la participación de las mujeres.

Los resultados han demostrado que, si existe relación entre la masa muscular segmentada y la fuerza, también que no hay una diferencia significativa entre la masa muscular del brazo izquierdo y el brazo derecho a pesar de las mínimas diferencias antropométricas y que el sexo se debe tener en cuenta para proponer los modelos y así garantizar resultados más precisos una vez se utilicen. Se han aplicado pruebas piloto con otras poblaciones con resultados muy satisfactorios.

Estos datos son similares a los encontrados en los estudios de Rodríguez donde también a partir de la estimación de la masa muscular por medio de diferentes modelos se encontraron formas claras de predicción de la fuerza muscular en miembros inferiores y superiores (12) y a través de la estimación ecuaciones se encontraron marcadas diferencias entre los modelos antropométricos existentes

para estimar la MM, lo que implica la necesidad de emplear el mismo modelo de predicción al evaluar sistemáticamente la MMES (42, 43)

En la presente investigación se ha demostrado que la fuerza de bíceps y tríceps en deportistas de alto nivel del Valle del Cauca no está determinada por la edad, sino por factores como el tiempo de entrenamiento y el sexo, lo cual contrasta con investigaciones de Larsson, et al., (44), donde los valores máximos para la fuerza isométrica se midieron en 114 sujetos varones que tenían entre 11 y 70 años y se les tomo una biopsia del músculo cuádriceps a 51 de los sujetos (22-65 años de edad), donde se obtuvo que la fuerza isométrica y dinámica aumentó hasta la tercera década, se mantuvo casi constante hasta la quinta década y luego disminuyó con el aumento de la edad. Sin embargo, no se pudo observar una atrofia externa mensurable de los músculos cuádriceps, lo que explica la disminución de la fuerza, en la vejez.

En esta investigación se ha desmitificado el pensamiento común de que la fuerza no está altamente relacionada a la composición corporal al establecer y aceptar la principal hipótesis de este estudio que afirma que el musculo se constituye como el principal factor en la predicción de la Fuerza en los brazos de los deportistas de alto nivel del Valle del Cauca, se ha podido no solo relacionar sino también proponer un modelo basado en la regresión lineal que permite predecir la fuerza de brazos en deportistas de alto nivel usuarios de la fuerza tanto para la fase excéntrica como para la fase concéntrica tanto para mujeres como para hombres, de momento se ha iniciado un estudio paralelo en miembro inferior que permitirá corroborar los resultados de este estudio.

La buena relación obtenida por las ecuaciones realizadas, presume que los valores que se estimen con el modelo tienen un error de 3,2 a 5,5 Kg fuerza lo cual es aceptable para planificación teniendo en cuenta que este valor se obtiene desde la antropometría por medio de la masa muscular segmentada y sin la necesidad de realizar pruebas ya sean directas o indirectas para estimar la fuerza de brazos que restan tiempo vital para el entrenamiento.

7. CONCLUSIONES

Al estimar la masa muscular segmentada, ésta presentó un rango de 3,4 a 15,7 kilogramos. En cuanto al nivel de fuerza máxima, se alcanzó un nivel de entre 5 y 42 Kg a través de la dinamometría para la flexión del codo por medio de la contracción de bíceps y entre 5 y 44 Kg de FM en tríceps, hecho que nos indica una similitud en la fuerza máxima tanto en la fase concéntrica como la fase excéntrica para deportistas de alto nivel del valle del Cauca.

El sexo de mayor frecuencia fue el masculino con 21 individuos y el tipo de fuerza de mayor prevalencia fue la máxima con el 60% de los atletas, sin embargo, en el presente estudio se demostró que, aunque tiene una relación levemente mayor el hecho de entrenar fuerza máxima con la medición hecha por dinamometría, no significa que las otras manifestaciones de la fuerza no tengan relación.

La media de la edad de 26,6 años +/- 10,07 años para los deportistas donde prevalece el entrenamiento de la fuerza máxima, 23,3 años +/- 3 años para los deportistas de entrenamiento basado en fuerza velocidad y 20,4 años +/- 2,6 años para quienes sustentan sus entrenamientos en el entrenamiento de la resistencia a la fuerza.

La Fuerza Máxima de los brazos en deportistas de alto nivel del Valle del Cauca se midió por dinamometría tanto en bíceps como en tríceps arrojando un rango de 5 a 23 kilogramos fuerza para bíceps y de 5 a 33 Kg fuerza para tríceps en las mujeres y un rango de 13 a 42 Kg fuerza para bíceps y de 12 a 44 Kg fuerza para tríceps en los hombres, lo que corrobora las diferencias que existen entre los niveles de fuerza correspondientes al sexo, así como las diferencias entre la cantidad de musculo y la fuerza como es el caso de bíceps con sus dos segmentos (porción corta y porción larga) y el tríceps con sus tres segmentos (cabeza larga, cabeza media y cabeza lateral).

Se calculó el coeficiente de correlación de Pearson el cual muestra una correlación buena, y directa para la masa muscular y la fuerza de bíceps, la cual es moderada y ,728 para la fuerza de tríceps la cual es una correlación positiva alta, es decir que existe relación y es una buena relación entre la masa muscular segmentada y la fuerza máxima.

Una vez realizadas las correlaciones de la masa muscular segmentada, la fuerza de Bíceps y la fuerza de tríceps con factores como el tipo de fuerza, la edad y el género se encuentra que los factores determinantes de la fuerza máxima en deportistas de alto nivel del valle del cauca son la masa muscular segmentada y el sexo principalmente

Según el modelo propuesto una mujer que tenga una masa muscular segmentada de miembro superior de 6 kg puede poseer un nivel de fuerza máxima en bíceps de 14,53 KG, mientras que en un hombre que tenga una masa muscular de 11 kg podemos predecir que su fuerza máxima en bíceps debería de ser de 23,94 Kg.

Así mismo, una mujer que tenga una masa muscular de 6 kg su fuerza en tríceps debería de ser 13,9 kg y un hombre que tenga una masa muscular de 11 kg su fuerza máxima de tríceps debería de ser de 29,8 kg.

8. RECOMENDACIONES

A futuro se puede proponer un modelo desde la epidemiología con una población más heterogénea y grande que permita la creación de fórmulas específicas para estos grupos, el cual tenga en cuenta otros segmentos corporales y la capacidad que posean de producir fuerza para evaluar si la composición corporal segmentaria de otros segmentos corporales también se puede constituir como un factor predictivo de la fuerza máxima.

Sería muy útil reproducir este estudio con otros deportistas de alto nivel cuya capacidad física no esté basada en el entrenamiento de la fuerza para proponer o validar según sea el caso modelos predictivos como el que aporta el presente estudio e implementarlos como una herramienta en la planificación deportiva y la selección de talentos deportivos, de esta manera optimizar los recursos disponibles y garantizar resultados que aseguren la consecución de los objetivos propuestos.

Estudios similares se pueden llevar a cabo utilizando los métodos denominados gold estándar para validar o refutar los logros obtenidos en el presente estudio.

Por último dar a conocer estos resultados a los entes deportivos encargados de la liga del valle del Cauca, que posibilite la toma de decisiones en los procesos de entrenamiento deportivo y facilite el alcance de otros logros deportivos, ya que los instrumentos requeridos serán de mayor y más fácil acceso y los procesos de retroalimentación deportiva serán más rápidos.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Weber, Ed. "Wagner's Handwörterbuch der Physiologie." Braunschweig. Vieweg (1846).
2. De Mundo Entrenamiento, Equipo. "eBook de Mundo Entrenamiento."
3. Wheeler, P . "The loss of functional body hair in man: the influence of thermal environment, body form and bipedality, Journal of Human Evolution, 1985; 14: 23-28.
4. Rodríguez, Fernando Javier Rodríguez, et al. "Estimación de la Masa Muscular de los Miembros Apendiculares, a Partir de Densitometría Fotónica Dual (DEXA)." Int. J. Morphol 28.4 (2010): 1205-1210.
5. Morales Barrera, Frey Stibs. Relación entre la fuerza de agarre y la morbimortalidad en pacientes mayores de 55 años en un programa de atención domiciliaria de una EPS en la ciudad de Bogotá. Otra thesis, Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá, 2016
6. González Badillo JJ, Ribas Serna J. Bases de la programación del entrenamiento de la fuerza. 2002. Primera edición, pág. 11, 31, 77.225.
7. García Manso, J. M. La Fuerza. La fuerza: fundamentación, valoración y entrenamiento 1999: (1), 173,- 445.
8. Harre D, Hautmann M. La capacidad de la fuerza y su entrenamiento. Revista de Entrenamiento Deportivo 1994; 1 (8): 32-38.
9. Barcelán-Santa Cruz, Jorge Luis, and Carlos Cuervo-Pérez. "Indicadores del rendimiento deportivo en Levantadoras de pesas escolares cubanas (original)." Revista científica OLIMPIA 12.38 (2015): 1-11.
10. Brutau R. Apuntes sobre el entrenamiento de la fuerza, inedito, 2015; p. 54.
11. Carmelo B. La fuerza muscular, aspectos metodológicos. INDE España. 2000.
12. Cuadrado Sáenz G, Abella CP, García Manso J. el entrenamiento de la hipertrofia muscular. 2006. Primera edición, pág. 14.
13. Häkkinen, K., Komi, P. V. Factors influency trainability of muscular strenght during short term and prolonged training. Journal of the national strength and conditioning association. 1985; 7(2): 32-37.

14. Rodríguez, R. F. J.; Beral, D. L. R. F. J.; Almagia F. A. A.; Iturriaga, Z. M. F. & Rodríguez, B. F. Comparación de la composición corporal y de la masa muscular

- por segmentos corporales, en estudiantes de educación física y deportistas de distintas disciplinas. *Int. J. Morphol.*, 30(1):7-14, 2012.
15. García Vidal, José Antonio. "Aportaciones al conocimiento electromiográfico y dinamométrico de la flexo/extensión de codo." (2013).
 16. Lowndes J. et al. Association of age with muscle size and strength before and after short –term resistance training in you adults. *Journal of strength and conditioning research/national strength & condition Association*. 2009; 23 (7) 1915-20.
 17. Carballeira Fernández, E., Iglesias Soler, E., & Dopico Calvo, X. (2008). Analysis of the acute effects of the confrontation in the judo, through the study of the association between metabolic and mechanical parameters. *Fitness & Performance Journal (Online Edition)*, 7(4), 229–238.
 18. Gonzalez B, Gorostiaga A. *Fndamentos del entrenamiento de la fuerza*. INDE. 1996
 19. Badillo- González JJ. *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza*, Ed. INDE Barcelona, 1998.
 20. Benítez, Luis Manuel Timón, and Fran Hormigo Gamarro. *Propuestas educativas para la mejora de la fuerza en la Educación Física en la Educación Secundaria Obligatoria*. Wanceulen SL, 2010.
 21. Jaimes Laguardo, Marco Fredy. *Determinación de un modelo predictivo de la fuerza explosiva máxima en estudiantes de Educación Física*. Granada: Universidad de Granada, 2012.
 22. Palastanga, Nigel, Derek Field, and Roger Soames. *Anatomía y movimiento humano. Estructura y funcionamiento*. Editorial Paidotribo, 2007.
 23. Sáenz, Gonzalo Cuadrado, Carlos Pablos Abella, and Juan García Manso. *Aspectos metodológicos y fisiológicos del trabajo de hipertrofia muscular*. Wanceulen SL, 2006.
 24. Hakkinen, Komi P, et al. EMG, muscle fibre and force production characteristics during a 1 year training period in elite weightlifters. *European Journal of Applied Physiology*. 1987; 56: 419-427.
 25. Verkhoshansky, Yury. *Teoría y metodología del entrenamiento deportivo*. Vol. 24. Editorial Paidotribo, 2001.

26. Cervera, Vicente Ortiz. Entrenamiento de fuerza y explosividad para la actividad física y el deporte de competición. Vol. 303. Inde, 1996.
27. Guyton CG, & Hall JE. Tratado de fisiología médica. España: Elsevier, 2011.
28. Fry AC, Kraemer WJ, van Borselen F, Lynch JM, Marsit JL, Roy EP, Triplett NT, Knuttgen HG Performance decrements with high-intensity resistance exercise overtraining. . Med Sci Sports Exerc. 1994 Sep;26(9):1165-73.
29. Kolber M, Cleland A. Strength testing using hand-held. Physical Therapy Reviews 2005; 10: 99–112.
30. Rodríguez P. Ejercicio físico en salas de acondicionamiento muscular: Bases científico médicas para una práctica segura y saludable. Panamericana, 2008.
31. Grosser Manfred, Brüggenmann P, Zintl F. Alto rendimiento deportivo, Planificación y desarrollo. Ediciones Martínez Roca, Barcelona, S.A, 1990.
32. López Calbet JA. Fisiología del Ejercicio: concepto y revisión histórica. En: López Chicharro J, Fernández Vaquero A, editores. Fisiología del Ejercicio. 3ª ed. Madrid: Ed. Panamericana; 2006.
33. Wilmore, J & Costill, D. Physiology of sport and exercise. 2. ed. EEUU: Human Kinetics, 1999.
34. Córdova, A. Fisiología dinámica. Elsevier España, 2003.
35. Berne, Robert M., Matthew N. Levy, and Enrique LM Ochoa. Fisiología. Panamericana, 1987.
36. Bosco, C., Tihanyi, J., and Komi, P. V. Store and recoil of elastic energy in slow and fast types of the human skeletal muscles. Acta Physiol Scand, 1982; 114: 543 -550.
37. González Badillo J.J., Izquierdo, M. La fuerza muscular: propiedades biomecánicas del músculo. En Izquierdo Redín, M., Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte, 2008; (p.552-584). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
38. Bosco, Carmelo, and Josep Maria Padullés Riu. La valoración de la fuerza con el test de Bosco. Barcelona: Paidotribo, 1994.
39. Faccioni, A. "Plyometrics." García López, D.; Herrero Alonso, JA y De Paz Fernández, JA (2003). "Metodología de entrenamiento pliométrico". Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte 3.12 (2001): 190-204.

40. Perrin DH, Robertson RJ, Ray RL. Bilateral isokinetic peak torque, torque acceleration energy, power, and work relationships in athletes and nonathletes. *Journal of Orthopaedic and Sport Physical Therapy* 1987; 9:184-9.
41. Yasuda T. et al. Effects of blood flow restricted low-intensity concentric or eccentric training on muscle size and strength. *PloS one*. 2012; 7(12): 52843.
42. Avendaño, M., and R. Güell. "Rehabilitación en pacientes con enfermedades neuromusculares y con deformidades de la caja torácica." *Archivos de Bronconeumología* 39.12 (2003): 559-565.
43. Bohannon R. Manual muscle testing of the limbs: considerations, limitations and alternatives. *Phys Ther Practice*. 1992; 2: 11-21.
44. Kolber, Morey J., and Joshua A. Cleland. "Strength testing using hand-held dynamometry." *Physical therapy reviews* 10.2 (2005): 99-112
45. Acero J. Bases Biomecánicas para la actividad física y *Deportiva*. *Faid Ed. Pgs. 199 2ª Ed. Universidad De Pamplona*. 2002; 105-2-2
46. Garrido chamorro, RP, Gonzalez Lorenzo M, Exposito Coll Isabel. *Valoración de la proporcionalidad mediante el método combinado. Estudio en futbolistas*. En: <http://www.deportes.com> revista digital- Buenos Aires- año 10 febrero de 2005
47. Lee, rc., wang, z., heo, m., ross, r, janssen, i., Heymsfield, s.b.: "total-body skeletal muscle mass: Development and cross-validation of anthropometric Prediction models". *Am. J. Clin. Nutr.*, 72:796, 2000.
48. Fernández Vietiez JA, Aguilera RR. Estimación de la masa muscular por diferentes ecuaciones antropométricas en levantadores de pesas de alto nivel. *Archivos de Medicina del Deporte Volumen XVIII Numero 8, 2001 Págs 585-591*
49. Martín- Moreno V, Gómez Gandoy JB, Antoranz González MJ, Gómez de la Cámara A. Concordancia entre los porcentajes de grasa corporal estimados mediante el área adiposa del brazo, el pliegue del tríceps y por impedanciometría brazo-brazo. *Rev. Esp. Salud Publica [Internet]*. 2003 Jun [citado 2017 Oct 31] ; 77(3): 347-361. Disponible en: [73](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-</div><div data-bbox=)

57272003000300005&lng=es.

50. Larsson L, Grimby G, Karlsson J. Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1979 Mar;46 (3):451-6.
51. Ayllon, Fernando Nacleiro. "Variables a Considerar para Programar y Controlar las Sesiones de Entrenamiento de Fuerza." *PubliCE* (<http://www.Sobreentrenamiento.com/PubliCE/Home.asp>) 3.12 (2008): 08.
52. Garzón Campañá, Juan Carlos. Estrategia de selección de talentos para el deporte de atletismo a través de actividades físico deportivas en la Comunidad. MS thesis. Facultad de Cultura Física, 2017.
53. Villoria, Carlos Andrés. "RELACIÓN CARGA-VELOCIDAD EN EL PRESS BANCA COMPARANDO DIFERENTES HERRAMIENTAS DE MEDIDA."
54. Manso, Juan Manuel García. *La fuerza: Fundamentación, valoración y entrenamiento.* Gymnos, 2002.
55. PALACIOS Samuel, G. E. N. T. O., and Samuel Gento Palacios. *Educación física para el tratamiento educativo de la diversidad.* Editorial UNED, 2011.
56. Cabello, Esperanza Valero. "Antropometría." España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Centro de Nuevas Tecnologías (2008).
57. Cadavid Rodríguez, Eliana Tonanzín, and Raúl Alejandro Tabares Arana. Características morfológicas de los deportistas representativos a nivel nacional de la Universidad del Valle. Diss. 2014.

ANEXOS

	CON SENTIMIENTO INFORMADO PARA LA PARTICIPACION EN INVESTIGACIONES	CÓDIGO: GIN-FOR-016
		VERSIÓN: 01
		FECHA ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO : 04/JUN/2015



GRUPO DE INVESTIGACION: CUERPO MOVIMIENTO

INVESTIGACION: titulo: Evaluación antropométrica y de fuerza máxima en los brazos de deportistas elite del Valle del Cauca.

Santiago de Cali, Valle del Cauca,

Yo, _____ Una vez informado sobre los propósitos, objetivos, procedimientos de intervención y evaluación que se llevarán a cabo en esta investigación y los posibles riesgos que se puedan generar de ella como (fatiga muscular, agotamiento y/o caídas), autorizo al señor Luis Fernando González Arango, estudiante de la Universidad Autónoma de Manizales, para la realización de los siguientes procedimientos:

1. Registro de información sociodemográfica (Encuesta sociodemográfica)
2. Toma Registro de información antropométrica
3. Prueba física para la valoración de fuerza máxima por dinamometría.

Adicionalmente, se me informó que: Mi participación en esta investigación es completamente libre y voluntaria, estoy en libertad de retirarme de ella en cualquier momento.

No recibiré beneficio personal de ninguna clase por la participación en este proyecto de investigación. Sin embargo, se espera que los resultados obtenidos permitirán mejorar los procesos de evaluación de procesos de entrenamiento deportivo. Toda la información obtenida y los resultados de la investigación serán tratados confidencialmente. Esta información será archivada en papel y medio electrónico. El archivo del estudio se guardará en la Universidad Autónoma de Manizales bajo la responsabilidad del investigador.

Puesto que toda la información en este proyecto de investigación es llevada de manera anónima, los resultados personales no pueden estar disponibles para terceras personas como empleadores, organizaciones gubernamentales, compañías de seguros u otras instituciones educativas. Esto también se aplica a mi cónyuge, a otros miembros de mi familia y a mis médicos.

Hago constar que el presente documento ha sido leído y entendido por mi en su integridad de manera libre y espontánea.

Firma _____
CC No. _____

Asentimiento informado

FIRMA _____

TI _____

Proyecto aprobado por el comité de Bioética de la UAM, según consta en el acta No 088 del 12 de Julio de 2017

	CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA PARTICIPACION EN INVESTIGACIONES	CÓDIGO: GIN-FOR-016
		VERSIÓN: 01
		FECHA ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO : 04/JUN/2015

HOJA 2

Título: COMPOSICION CORPORAL SEGMENTARIA COMO FACTOR PREDICTIVO DE LA FUERZA MAXIMA DEL BRAZO DE DEPORTISTAS ELITE DEL VALLE DEL CAUCA

Objetivos: Establecer los factores que predicen la FFH en los brazos de los deportistas elite del Valle del Cauca.

Justificación:

La Fuerza Máxima tiene una relación directamente proporcional con la masa muscular, la fuerza muscular es proporcional a su diámetro fisiológico, lamentablemente no se cuantificó la relación y mucho menos da una luz acerca de otros factores que intervienen en la estimación de la FFH como el género, la talla y la raza entre otros.

Es novedoso por la predicción de fuerza mediante composición corporal segmentaria, sino también por la medición previa de la fuerza que puede llegar a producir el codo tanto en flexión como en extensión por el método de dinamometría.

Debido a lo dispendioso que resulta el llevar a cabo una prueba de fuerza máxima para identificar 1RM ya sea indirecta o directa (posibilitándose el riesgo de lesión en esta última), para agilizar dicho proceso, y a manera de producto en esta investigación, si se relaciona cuantitativamente la FM y composición corporal del brazo en deportistas elite del Valle del Cauca, daremos una guía referencial que a futuro se podrá constituir como una herramienta útil y veraz para la prescripción del ejercicio, así como soporte en los futuros modelos, metodologías y planificación en general del entrenamiento deportivo. Esta investigación se constituye en el trabajo de grado de la I cohorte de la Maestría en Actividad Física y Deporte de la Universidad Autónoma de Manizales, vinculada al grupo de investigación Cuerpo Movimiento, categoría A en Colciencias, en la línea de actividad y ejercicio físico.

Según la resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud en el artículo 11, la presente investigación se considera de "riesgo mínimo". Por otro lado, esta, propuesta cumple con los principios enunciados en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, en todo momento se protegerá la integridad de los participantes, se tomarán todas las precauciones para respetar la vida privada. Por otra parte, se respetarán los derechos de autor según la citación de las fuentes bibliográficas.



ANEXO 2.
INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE INFORMACION
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MANIZALES
GRUPO DE INVESTIGACION CUERPO MOVIIENTO

Objetivo: Reconocer las características sociodemográficas de los deportistas Elite del Valle del Cauca.

DATOS PERSONALES

Nombre: _____ Dirección: _____
 _____ Barrio: _____
 Estrato _____

Ha sufrido en el último mes alguna lesión que le impide hacer la prueba SI__ NO__

Edad: _____ Sexo: M _____ F _____

Nivel de escolaridad: _____

<p>EVALUACIÓN ANTROPOMÉTRICA (COMPOSICIÓN CORPORAL)</p> <p>Peso _____</p> <p>Talla _____</p> <p>MC _____</p>	<p>FRECUENCIA DE ENTRENAMIENTO</p> <p>Días de entreno a la semana:</p> <p>1. 2. 3. 4. 5.</p> <hr/> <p>AÑOS DE PRÁCTICA DEPORTIVA:</p> <p>Menos de un (1) año: _____</p> <p>Entre un (1) año y cinco (5) años: _____</p> <p>Entre seis (6) años y diez (10) años: _____</p> <p>Entre diez (10) años y más: _____</p>
<p>Años de práctica deportiva con la selección vallecaucana de: _____</p> <p>Menos de un (1) año: _____</p> <p>Entre un (1) año y dos (2) años: _____</p>	<p>Fuerza que predomina</p> <p>Máxima: _____ Resistencia: _____</p>

_____	Velocidad: _____
Entre tres (3) años y cuatro (4) años: _____	
Entre cinco (5) años y más: _____	

ANEXO 3.



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES
INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

Registro de datos antropométricos

Objetivo: Determinar la composición corporal de los DEPORTISTAS DE ALTO NIVEL del Valle del Cauca.

Lugar:			Fecha:			Hora:	Área			
No	Sexo	APELLIDOS Y NOMBRES		Longitud	Circunferencia	Circunferencia	Panículo	Panículo	Panículo	Panículo
			documento	Cm	relajado	en contracción	lateral	Medial	anterior	posterior
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										

19										
20										

ANEXO 4.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES
INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
Formato C, medición de Fuerza**

Objetivo: Determinar la composición corporal de los deportistas del Valle del Cauca



Lugar:			Fecha:		Hora:	Área:	
No.	Sexo	Apellidos y Nombres	documento	Concéntrica	Concéntrica	Excéntrica brazo	Excéntrica brazo
				brazo derecho	brazo izquierdo	derecho	izquierdo
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							