

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN
CONSEJO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
ESTUDIOS DE POSTGRADO EN EDUCACIÓN FÍSICA
MENCIÓN TEORÍA Y METODOLOGÍA DEL ENTRENAMIENTO
DEPORTIVO

EFFECTOS ANTROPOMÉTRICOS SOBRE PRUEBAS DE RENDIMIENTO
FÍSICO EN ATLETAS DE DEPORTES ACÍCLICOS.

Trabajo especial de grado presentado como requisito parcial para optar al
Grado de Especialista en Teoría y Metodología del Entrenamiento Deportivo.

Autor: Lcdo. Miguel A. Araujo R.

Tutor: Dr. Luis R. Guerrero M.

Asesor Metodológico: Md. Juan P. González R.

Mérida, Diciembre del 2016

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN
CONSEJO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
ESTUDIOS DE POSTGRADO EN EDUCACIÓN FÍSICA
MENCIÓN TEORÍA Y METODOLOGÍA DEL ENTRENAMIENTO
DEPORTIVO

EFFECTOS ANTROPOMÉTRICOS SOBRE PRUEBAS DE RENDIMIENTO
FÍSICO EN ATLETAS DE DEPORTES ACÍCLICOS.

www.bdigital.ula.ve

Autor: Lcdo. Miguel A. Araujo R.

Tutor: Dr. Luis R. Guerrero M.

Asesor Metodológico: Md. Juan P. González R.

Mérida, Diciembre del 2016

DEDICATORIA

A mi esposa e hijas; Mariana, Sarah y Susan.

A mis padres y hermanos; Máximo, Clory, Marco, Mariana y recientemente Roxanel (incluido Lemuel).

A cada familiar; que con sus singularidades me han mostrado su afecto y apoyo en diferentes circunstancias.

A todos ustedes les dedico el presente y como diría el apóstol Pablo “Gracia y paz sean a vosotros, de Dios el Padre y de nuestro señor Jesucristo”...

www.bdigital.ula.ve Miguel Angel Araujo Rivas

RECONOCIMIENTOS

En esta oportunidad me es grato expresar un sincero reconocimiento a las personas vinculadas de una u otra forma con la investigación.

Quiero agradecer al profesor Luis, por estar presto a colaborar en mi proceso académico y por supuesto en este proyecto; su apoyo y el tiempo dedicado en realizar todas las observaciones han sido de especial agrado.

De igual manera a mi hermano Juan Pablo, su disposición, ayuda personal y guía en los procedimientos metodológicos tuvieron un efecto catalítico; por lo que puedo afirmar que, sin su asistencia hubiese requerido una mayor energía de activación.

Agradezco al profesor Ramón, por su singular empeño y contribución en la realización de todas las pruebas físicas; del mismo modo a los compañeros Vicmer, Leonardo y Yorkis, cuya colaboración fue excepcional.

A todos los atletas que tuvieron la amabilidad de participar y realizar el esfuerzo físico requerido en las pruebas.

A los profesores Rafael y Antonio, pues cada uno desde sus respectivas trincheras han tenido una influencia favorable en mi desarrollo académico y personal.

A mi esposa Mariana, por disponer sus habilidades técnicas en la confección artística del texto; ciertamente los detalles hacen una gran diferencia.

Les agradezco a todos ustedes.

ÍNDICE GENERAL

	pp.
DEDICATORIA.....	III
RECONOCIMIENTOS.....	IV
LISTA DE TABLAS.....	VIII
LISTA DE GRÁFICOS.....	IX
LISTA DE ABREVIATURAS.....	X
RESUMEN.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO	
I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
Definición del Problema.....	2
Justificación.....	3
Hipótesis de la Investigación.....	8
Objetivo General.....	9
Objetivos Específicos.....	9
II MARCO REFERENCIAL.....	10
Estudios Previos.....	10
Bases Teóricas.....	13
Antropometría.....	13
Composición Corporal.....	15
Aptitud Física.....	16
Medición de Parámetros de Rendimiento Deportivo.....	17
Fuerza muscular máxima.....	18
Resistencia muscular.....	19
Potencia (Anaeróbica máxima).....	20
Capacidad aeróbica (VO ₂ máx).....	21
Clasificación de los Deportes.....	23

III	METODOLOGÍA.....	25
	Diseño de la investigación.....	25
	Sujetos del Estudio.....	25
	Criterios de inclusión.....	26
	Criterios de exclusión.....	26
	VARIABLES DEL ESTUDIO.....	26
	Independientes.....	26
	Dependientes.....	26
	Instrumentos.....	27
	Procedimiento.....	27
	Descripción de las Pruebas.....	28
	Mediciones antropométricas.....	28
	Test de fuerza de agarre.....	29
	Test de extensiones.....	29
	Test de abdominales.....	30
	Test de salto vertical.....	30
	Test de capacidad física de trabajo (PWC ₁₇₀) para medir el VO ₂ máx.....	31
	Componente Ético.....	31
	Análisis de los Datos.....	31
	Acotaciones de los análisis estadísticos.....	32
	Limitaciones.....	33
IV	RESULTADOS.....	20
	Correlación entre las Medidas Antropométricas y las Pruebas de Rendimiento.....	34
	Test de fuerza de agarre.....	37
	Test de abdominales y test de extensiones.....	38
	Test de salto vertical.....	40
	Test PWC ₁₇₀ para estimar el VO ₂ máx.....	41
	Respuestas a las Hipótesis de la Investigación.....	42

	Discusión.....	43
V	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
	REFERENCIAS.....	51
	ANEXOS.....	59
	Anexo A.....	60
	Anexo B.....	63
	Anexo C.....	64

www.bdigital.ula.ve

LISTA DE TABLAS

TABLA		pp.
1	Característica antropométricas de los sujetos.....	34
2	Resultados en las pruebas de rendimiento.....	36
3	Correlación entre las medidas antropométricas y las pruebas de rendimiento.....	37

www.bdigital.ula.ve

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO		pp.
1	Correlación entre la fuerza de agarre de ambas manos (kg), por medio del test de dinamometría de agarre, con la masa libre de grasa (kg), la masa corporal (kg), circunferencia de la cintura (cm) y talla (cm).....	38
2	Correlación entre las abdominales (reps) y las extensiones (reps) con el % de grasa.....	39
3	Correlación entre las abdominales (reps) y las extensiones (reps) con la masa grasa.....	39
4	Correlación entre el test de salto vertical (cm) con la talla (cm), la masa libre de grasa (kg) y el % de grasa.....	40
5	Correlación entre el vo_2 máx (ml/kg/min), por medio del test pwc ₁₇₀ , con el % de grasa, la masa corporal (kg), la circunferencia de la cintura (cm) y la talla (cm).....	41

LISTA DE ABREVIATURAS

ACSM = American College of Sport Medicine (Colegio Americano de Medicina Deportiva)

CC = Circunferencia de la Cintura

IMC = Índice de Masa Corporal

MC = Masa Corporal (Peso Corporal)

MG = Masa Grasa

MLG = Masa Libre de Grasa

PWC₁₇₀ = Physical Work Capacity to 170 heart beats (Capacidad Física de Trabajo a 170 latidos)

VO₂máx = Volumen o Consumo Máximo de Oxígeno

% de Grasa = Porcentaje de Grasa

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN
CONSEJO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
ESTUDIOS DE POSTGRADO EN EDUCACIÓN FÍSICA
Especialización en Teoría y Metodología del Entrenamiento Deportivo

**EFFECTOS ANTROPOMÉTRICOS SOBRE PRUEBAS DE RENDIMIENTO
FÍSICO EN ATLETAS DE DEPORTES ACÍCLICOS.**

Autor: Lcdo. Miguel Araujo

Tutor: Dr. Luis Guerrero

Asesor Metodológico: Md. Juan González

Fecha: Diciembre 2016

RESUMEN

El propósito de este estudio fue determinar la influencia de las características antropométricas sobre pruebas de rendimiento físico comunes en atletas de deportes acíclicos (fútbol, baloncesto, escalada y polo acuático). Se realizó un estudio transversal, descriptivo, de correlación, en el cual se evaluaron 63 atletas masculinos con una edad comprendida de 15 a 27 años. Se midieron las variables antropométricas (talla, masa corporal [MC], circunferencia de la cintura [CC], porcentaje de grasa [% de grasa], masa grasa [MG] y masa libre de grasa [MLG]) y se realizaron las pruebas de rendimiento físico; fuerza de agarre, resistencia muscular (abdominales y extensiones), salto vertical y consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx, por medio del PWC_{170}). La fuerza de agarre se correlacionó con la talla ($r = 0,44$; $p < 0,001$), la MC ($r = 0,59$; $p < 0,001$), la CC ($r = 0,48$; $p < 0,001$) y la MLG ($r = 0,68$; $p < 0,001$). Las pruebas de resistencia muscular con el % de grasa ($r = -0,26$, $p < 0,03$; $r = -0,32$, $p < 0,01$) y la MG ($r = -0,25$, $p < 0,04$; $r = -0,25$, $p < 0,04$), en las abdominales y las extensiones, respectivamente. El salto vertical se asoció con la talla ($r = 0,32$; $p < 0,01$), el % de grasa ($r = -0,31$; $p < 0,01$) y la MLG ($r = 0,38$; $p < 0,002$). El VO_2 máx se relacionó negativamente con todas las variables antropométricas en un rango de -0,28 a -0,66. Un análisis de regresión múltiple escalonado indicó las variables predictivas más importantes de las pruebas físicas. Se evidenció que: la MLG es la

variable con mayor influencia en la fuerza de agarre; el % de grasa y la MG tienen una baja influencia sobre las pruebas de resistencia muscular; el % de grasa y la MLG tienen la mayor influencia sobre el salto vertical; la MC es la variable de mayor impacto sobre el VO_2 máx.

Palabras clave: Antropometría. Composición Corporal. Pruebas de Rendimiento Físico. Deportes Acíclicos.

www.bdigital.ula.ve

INTRODUCCIÓN

Mejorar el rendimiento atlético como objetivo esencial del entrenamiento deportivo está supeditado al desarrollo de cada uno de los factores o parámetros que lo componen. Entre los cuales se encuentran las características antropométricas, que a través de numerosos estudios han mostrado su asociación con el desempeño físico de diversas pruebas funcionales relacionadas al rendimiento deportivo. En virtud de ello y en general, los atletas más exitosos tienen una estructura física adecuada a sus tareas de rendimiento motor y en base a esta observación, muchos estudios han hecho énfasis en la evaluación de las estructuras físicas y su asociación con las tareas de rendimiento motor en los deportes. En términos simples, las características antropométricas pueden limitar o potenciar el rendimiento atlético.

No obstante, la correlación entre las medidas antropométricas más estudiadas (la masa corporal, la talla, la composición corporal [relativa y/o absoluta]) y las aptitudes físicas (fuerza y resistencia muscular, potencia, resistencia aeróbica) han arrojado resultados equívocos, además, la circunferencia de la cintura siendo una característica antropométrica accesible y fácilmente medible por la mayoría de entrenadores, ha sido una variable antropométrica menos documentada y asociada al rendimiento.

Una manera de agrupar a los deportes para su estudio se hace en base a su acción motriz, es decir; los deportes se pueden agrupar en cíclicos, acíclicos o acíclicos combinados. En el presente estudio participaron un grupo de atletas de disciplinas acíclicas (con predominio del metabolismo anaeróbico) que comparten en mayor o menor grado el entrenamiento de diversos parámetros del rendimiento, en específico, la fuerza y resistencia muscular, la potencia y la capacidad aeróbica.

Por consiguiente, la presente investigación tuvo como finalidad determinar la influencia de las características antropométricas (masa corporal, talla, composición corporal y circunferencia de la cintura) sobre diversas pruebas de rendimiento motor, comunes en deportes acíclicos.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Definición del Problema

Los test de rendimiento físico (motor) o de aptitud motora forman parte del proceso de entrenamiento en todos los deportes, su incidencia en el rendimiento deportivo varía según la pertinencia que cada test tenga con la o las destrezas requeridas en un deporte dado; es decir, con las necesidades del deporte (Hoffman, 2012). Por consiguiente, la condición o aptitud motora se relaciona con el desempeño deportivo o atlético (American College of Sport Medicine [ACSM], 2014; Harman, Garhammer y Pandorf, 2007). En tal sentido obtener resultados favorables en los test que inciden en el rendimiento atlético incrementará la posibilidad de alcanzar un mayor rendimiento deportivo, a pesar de que el mismo sea una variable multifactorial (Barbero, 2011; Lorenz, Reiman, Lehecka y Naylor, 2013).

El rendimiento deportivo incluye parámetros (componentes) que son evaluados por medio de diversas pruebas (test) físicas que son habituales en todos los deportes; en el caso de los deportes acíclicos (ej., anaeróbicos) del presente estudio, todas las pruebas les son comunes (incluyendo las antropométricas), dicho de otro modo; la fuerza y resistencia muscular, la potencia y la capacidad aeróbica (consumo máximo de oxígeno [VO_2 máx]), tienen incidencia en básicamente todos los deportes acíclicos. Así pues, obtener resultados elevados en las pruebas que miden estos parámetros propiciará un mejor desempeño atlético (Bompa y Haff, 2009; Harman et al., 2007, Hoffman, 2012).

Las variables antropométricas se han asociado con varias pruebas de rendimiento motor, puesto que regularmente se han hallado correlaciones significativas débiles a

moderadas, no obstante, diversos estudios han mostrado resultados equívocos (Dawes, Orr, Siekaniec, Vanderwoude y Pope, 2016; Moncef, Said, Olfa y Dagbaji, 2012; Silvestre, West, Maresh y Kraemer, 2006; Stuempfle, Katch y Petrie, 2003; Tajica et al., 2015; Vaara et al., 2012), lo que indica que las variables antropométricas tienen influencia sobre las pruebas de rendimiento motor, aunque no todos los estudios reportan asociaciones y en ocasiones las reportadas han resultado opuestas a otras investigaciones.

Lo señalado evidencia un problema, en virtud de lo cual este estudio pretende esclarecer la asociación entre las características antropométricas y el desempeño en diversas pruebas físicas o de rendimiento motor, con el propósito de determinar los efectos que tienen las características antropométricas (masa corporal [MC] o peso corporal, talla, masa libre de grasa [MLG], masa grasa [MG], porcentaje de grasa [% de grasa] y circunferencia de la cintura [CC]) sobre diversas pruebas que miden variables del rendimiento físico o motor (fuerza y resistencia muscular, potencia y capacidad aeróbica), en atletas de diferentes disciplinas acíclicas.

www.bdigital.ula.ve

Justificación

Si bien se han reportado asociaciones entre variables antropométricas y diferentes pruebas de rendimiento físico en investigaciones con grupos de atletas y no atletas de diversas edades, éstas han sido inconsistentes y en ocasiones han resultado contradictorias. En los siguientes párrafos se discuten las asociaciones observadas entre las características antropométricas y las pruebas de rendimiento motor (en diferentes grupos de atletas y no atletas) que serán estudiadas en la presente investigación.

La *fuerza de agarre* (prensión) en hombres con un rango de edad muy amplio (7-73 años), ha mostrado correlación con la MC ($r = 0,86$) y con la talla ($r = 0,88$) (Chatterjee y Chowdhuri, 1991). Asociaciones similares se han reportado en jóvenes (hombres y mujeres) universitarios de 18 a 27 años (MC $r = 0,76$; $p < 0,01$ y la talla $r = 0,71$; $p < 0,01$) (Liao, 2016), y en hombres no atletas, de entre 17 a 97 años con la

talla ($r = 0,60$ ($p < 0,01$)) (Luna-Heredia, Martín-Peña y Ruíz-Galiana, 2005). En relación a la CC, en hombres no atletas de $29 \pm 4,2$ años, no se halló asociación (Fogelholm, Malmberg, Suni, Santtila, Kyrolainen, y Mantysaari, 2006). En otra investigación (Miyatake, Miyachi, Tabata, Sakano, Hirao y Numata, 2012) con jóvenes de 15 a 19 años no atletas, la fuerza de agarre se asoció con la talla ($r = 0,42$ ($p < 0,003$)) y la MLG ($r = 0,48$; $p < 0,0006$), sin embargo, no se asoció con la MC, el % de grasa, la MG, ni la circunferencia abdominal.

Similar a las investigaciones anteriores, pero en atletas femeninas ($20,52 \pm 1,40$ años) de voleibol (Koley y Kaur, 2011) la fuerza de agarre se correlacionó con la MC ($r=0,57$; $p \leq 0,01$) y la talla ($r=0,49$; $p \leq 0,01$). Otro estudio (Tajica et al., 2015) en beisbolistas (lanzadores) de 15 a 17 años, la fuerza de agarre se correlacionó con la talla ($r= 0,33$; $p < 0,001$), la MC ($r= 0,50$; $p < 0,001$), la MLG ($r= 0,57$; $p < 0,001$) y la MG ($r= 0,22$; $p < 0,05$), aunque, luego del análisis de regresión lineal múltiple escalonado (junto a otras variables estudiadas), la MLG fue el predictor más importante de la fuerza de agarre.

Las pruebas de *resistencia muscular* en específico la de extensiones (ej., fondos o lagartijas) y abdominales, se han correlacionado negativamente con la MC ($r = - 0,25$; $p < 0,001$) y el % de grasa ($r = - 0,47$; $p < 0,001$), pero positivamente con la MLG ($r = 0,36$; $p < 0,001$), en jóvenes de 25 ± 5 años (Vaara et al., 2012), no mostrando correlación con la CC. En oficiales de policía de $39,42 \pm 8,41$ años, el % de grasa se ha asociado negativamente con las extensiones ($r = - 0,41$; $p \leq 0,001$) y en menor medida con las abdominales ($r = - 0,19$), aunque en éste caso, al igual que con la MG (extensiones $r = - 0,21$; abdominales $r = - 0,31$), no se reportó el nivel de significancia, por establecerse en 0,001; la MLG se asoció con las extensiones ($r = 0,44$; $p \leq 0,001$) y en menor medida e inversamente con las abdominales ($r = - 0,18$), igualmente, no se reportó el nivel de p, por ser mayor de 0,001 (Dawes et al., 2016).

Con respecto al *salto vertical* en un estudio (Dawes et al., 2016) con oficiales de policía de $39,42 \pm 8,41$ años se relacionó inversamente con el % de grasa ($r = - 0,56$; $p \leq 0,001$), con la MG ($r = - 0,37$; $p \leq 0,001$) y positivamente con la MLG ($r = 0,39$; $p \leq 0,001$). Abidin y Adam (2013) evidenciaron una correlación negativa con el % de

grasa ($p < 0,001$) en atletas de artes marciales (18-24 años); lo mismo se observó en otro estudio (Davis, Briscoe, Markowski, Saville y Taylor; 2003) hecho en atletas aficionados (20-37 años); en ambos estudios tanto la talla como la MC, no mostraron relación significativa con el salto vertical. En otra investigación (Aslan, Koc, Aslan y Ozer, 2011) tampoco se halló relación entre la talla y el salto vertical en estudiantes/atletas ($21 \pm 1,8$ años) de educación física de bajo nivel deportivo, aunque se ha visto también lo contrario; la potencia en el salto vertical se ha asociado ($p < 0,05$) a la talla en jugadores de voleibol (21 ± 1 año) de alto nivel (Aouadi et al., 2012). También, en jugadores de voleibol ($27,93 \pm 3,92$ años) de alto nivel, el peso corporal ha mostrado tener un efecto negativo en el salto vertical (Fattahi, Ameli, Sadeghi y Mahmoodi, 2012).

Varios estudios realizados con futbolistas de diferentes edades han observado diversas asociaciones, por ejemplo; Wong, Chamari, Dellal y Wisloff (2009), reportaron correlación con la talla ($r = 0,36$; $p < 0,05$) en la categoría Sub 14; Lago-Peñas, Casais, Dellal, Rey y Domínguez (2011), indicaron que los jugadores más altos y pesados obtuvieron los mejores resultados en el salto vertical en atletas de 12-19 años ($15,63 \pm 1,82$ años); Gil, Ruiz, Irazusta, Gil y Irazusta (2007) observaron que entre los jugadores de 14 a 17 años, aquellos de selección son más altos, pesados y delgados que los no seleccionados; Silvestre et al. (2006) reportaron, en futbolistas de $19,9 \pm 1,3$ años, una correlación negativa con el % de grasa ($r = -0,55$; $p < 0,01$), la MG ($r = -0,54$; $p < 0,01$), la MC ($r = -0,48$; $p < 0,05$), y aunque no fue estadísticamente significativa, la MLG mostró una correlación negativa ($r = -0,24$).

Stuempfle et al., (2003) observaron en atletas de fútbol americano (de $19,6 \pm 1,3$ años) correlaciones negativas con la MC ($r = -0,41$; $p \leq 0,05$), el % de grasa ($r = -0,59$; $p \leq 0,05$) y la MG ($r = -0,58$; $p \leq 0,05$), pero cuando la influencia del peso corporal fue estadísticamente removida (correlación parcial) la correlación con el % de grasa disminuyó a $-0,48$ e igualmente la MG ($r_{12,3} = -0,47$). No obstante, Davis, Barnette, Kiger, Mirasola y Young (2004), en atletas universitarios (fútbol americano), no observaron relación entre la talla, la MC y % de grasa, con el salto vertical.

En una investigación (Moncef et al., 2012) con atletas de balonmano de 18 a 31 años ($21,9 \pm 3,24$ años) se observó que la MC se correlacionó negativamente ($r = -0,35$; $p < 0,05$) y la MLG no mostró relación; tampoco se evidenció relación entre el % de grasa, la MG y la talla con el salto vertical.

Es escasa la información concerniente a la CC con el salto vertical; pero un estudio (Fogelholm et al., 2006) observó que en hombres no atletas de $29 \pm 4,2$ años y realizando el salto vertical sin contramovimiento, la CC se correlacionó negativamente ($r = -0,43$; $p < 0,001$).

En cuanto al *consumo máximo de oxígeno* ($VO_2máx$) expresado de forma absoluta (L/min), se ha observado (Bandyopadhyay y Chatterjee, 2003) en estudiantes universitarios no deportistas de 20-24 años, correlación con la MLG ($r = 0,71$, $p < 0,001$), la MG ($r = 0,36$, $p < 0,001$), la talla ($r = 0,64$, $p < 0,001$) y la MC ($r = 0,80$, $p < 0,001$). También se ha observado en niños y niñas ($9,6 \pm 1,3$ años), correlación con la MC ($r = 0,78$; $p < 0,0001$), la talla ($r = 0,75$; $p < 0,0001$), la MG ($r = 0,66$; $p < 0,0001$) y la MLG ($r = 0,87$; $p < 0,0001$), que ha mostrado ser el determinante más fuerte del $VO_2máx$, sin embargo, la MG, luego de ajustar por la MLG, no se relacionó significativamente; la relación con la MLG también se observó en mujeres con sobrepeso de $37,3 \pm 6,4$ años (Goran, Fields, Hunter, Herd y Weinsier, 2000).

Con respecto al $VO_2máx$ relativo al peso corporal (ml/kg/min), Sharma, Kamal y Chawla, (2016), en un grupo de adultos de 25 a 35 años, observaron una relación alta negativa con el % de grasa ($r = -0,93$; $p < 0,046$). En jóvenes de ambos géneros de 12 a 15 años (Watanabe, Nakadomo y Maeda, 1994), se ha reportado una correlación negativa con el % de grasa en los muchachos ($r = -0,74$) y muchachas ($r = -0,84$); el $VO_2máx$ fue menor en los más pesados y se recaló que cuando el $VO_2máx$ de grupos de obesos y no obesos (ej., diferente peso corporal), se expresa en relación a la MLG, no hay diferencia significativa entre los grupos. En adultos de $39,42 \pm 8,41$ años oficiales de policía, se correlacionó la MG ($r = -0,42$; $p \leq 0,001$) y (aunque no se mostró la significancia, pues se había establecido a $p \leq 0,001$) en menor medida el % de grasa ($r = -0,29$) y la MLG ($r = -0,21$) con el $VO_2máx$ (Dawes et al., 2016). En otro estudio (Fogelholm et al., 2006) en hombres de $29 \pm 4,2$ años no atletas, la CC

mostró una correlación negativa ($r = -0,48$; $p < 0,001$), lo que igualmente se ha reportado en adultos ($r = -0,38$; $p < 0,05$) de $49,7 \pm 8,9$ años (Dagan, Segev, Novikov y Dankner, 2013).

En cuanto a los atletas, el VO_2 máx se ha correlacionado inversamente, en futbolistas universitarios de $19,9 \pm 1,3$ años (Silvestre et al., 2006) con la MG ($r = -0,67$; $p < 0,01$) y el % de grasa ($r = -0,65$; $p < 0,01$), además, no mostró correlación con la MLG y la MC. En atletas de balonmano de 18 a 31 años ($21,9 \pm 3,24$ años) con la MC ($r = -0,71$; $p < 0,001$); la MG ($r = -0,39$; $p < 0,01$) y la MLG ($r = -0,61$; $p < 0,001$) y no se evidenció relación con el % de grasa (Moncef et al., 2012).

Lo señalado sugiere correlaciones débiles y moderadas, aunque en ocasiones contradictorias, entre las características antropométricas con las pruebas de rendimiento motor, ello dependiendo de las variables antropométricas consideradas y de la prueba de rendimiento específica. Así pues, el presente estudio intenta determinar las variables antropométricas que influyen en diversas pruebas de rendimiento físico que miden la potencia, la fuerza muscular, la resistencia muscular y la capacidad aeróbica en atletas de diversas disciplinas acíclicas, con lo cual los entrenadores (o atletas) podrán hacer mayor o menor énfasis en el entrenamiento de aquellas características antropométricas modificables, que tienen más influencia en los test de rendimiento motor o como soporte científico para las pruebas de captación de talentos deportivos.

En base a que la fuerza y resistencia muscular, la potencia y la capacidad aeróbica (parámetros del rendimiento deportivo) son necesarias en prácticamente en todos los deportes acíclicos (ej., anaeróbicos), y que las pruebas que miden cada parámetro son relativamente accesibles a los entrenadores y atletas, incluyendo las características antropométricas (ej. peso, talla, composición corporal y circunferencia de la cintura), se justifica evaluar la asociación de las características antropométricas y las pruebas de rendimiento físico comunes en disciplinas acíclicas.

Hipótesis de la Investigación

- 1) El porcentaje (%) de grasa, la masa grasa (MG) y la circunferencia de la cintura (CC) se correlacionan negativamente con las mediciones de rendimiento motor y no se correlacionan con la fuerza de agarre.
- 2) La masa libre de grasa (MLG) se correlaciona positivamente con la fuerza de agarre, las abdominales, las extensiones, el salto vertical y el VO_2 máx.
- 3) La masa corporal (MC) se correlaciona positivamente con la fuerza de agarre, negativamente con las abdominales, las extensiones, el salto vertical y el VO_2 máx.
- 4) La talla se correlaciona positivamente con la fuerza de agarre y el salto vertical, más no tiene relación con las demás pruebas.

www.bdigital.ula.ve

Objetivo General

- Determinar la relación de las medidas antropométricas sobre pruebas de rendimiento físico en atletas de diferentes disciplinas acíclicas.

Objetivos Específicos

- Medir las variables antropométricas de los atletas:
Masa corporal, talla, circunferencia de la cintura y los pliegues cutáneos para estimar el porcentaje de grasa, la masa grasa y la masa libre de grasa.
- Realizar los test de rendimiento físico en atletas:
Test para medir la fuerza muscular por medio de la dinamometría de agarre; test para medir la resistencia muscular de la parte superior del cuerpo por medio de las extensiones; test para medir la resistencia muscular abdominal por medio de las abdominales; Test para medir la capacidad aeróbica (VO_2 máx) por medio de la capacidad física de trabajo (physical work capacity [PWC₁₇₀]); test para medir la potencia de la parte inferior del cuerpo por medio del salto vertical.
- Analizar los resultados de las mediciones antropométricas y de los test de rendimiento motor.
- Evaluar la correlación de las medidas antropométricas con los test de rendimiento físico en atletas.

CAPITULO II

MARCO REFERENCIAL

Estudios Previos

A continuación se describen los hallazgos de varios estudios que han correlacionado medidas antropométricas con pruebas de rendimiento motor, y se hará énfasis en las variables que serán estudiadas en esta investigación:

Stuempfle et al. (2003), evaluaron la composición corporal (ej., talla, MC, % de grasa, MG, MLG) y el rendimiento en varios test (ej., carreras, agilidad, salto vertical), de un grupo de atletas ($n = 77$; de $19,6 \pm 1,3$ años) universitarios de fútbol americano, hallando correlación entre la MC y el salto vertical ($r = -0,41$; $p \leq 0,05$). A su vez se halló una correlación negativa entre el % de grasa y el salto vertical ($r = -0,59$; $p \leq 0,05$), pero cuando la MC fue estadísticamente removida (correlación parcial o $r_{12.3}$) la correlación disminuyó a $-0,48$. Igualmente, se reportó una correlación negativa entre la MG y el salto vertical ($r = -0,58$; $p \leq 0,05$), pero al remover la MC, disminuyó la correlación negativa ($-0,47$). Los autores señalaron que el % de grasa (a pesar de la creencia convencional de que afecta al rendimiento) no se puede utilizar para predecir el rendimiento con cualquier grado de confianza en los test realizados, pues se observó que la relación estuvo influenciada por la MC.

Por otro lado, Davis et al. (2004), en un estudio realizado en atletas ($n=46$) universitarios de fútbol americano, sobre la relación entre las características

antropométricas y físicas (ej., talla, MC, % de grasa) y el rendimiento en tres medidas o pruebas funcionales (carrera de cambios de dirección 18.3m, carrera de 36.6 m y salto vertical), se concluyó, luego de un análisis de regresión lineal múltiple escalonado, que ninguna de las características antropométricas se correlacionaron con el salto vertical.

En un estudio finlandés (Fogelholm et al., 2006) se correlacionó el índice de masa corporal (IMC) y la circunferencia de la cintura (CC) de hombres (de $29 \pm 4,2$ años; $n= 951$) no atletas con diversas pruebas funcionales (fuerza de agarre, salto vertical [sin contramovimiento], VO_2 máx, abdominales y extensiones) y se observó, antes y luego del análisis de regresión lineal múltiple, que la CC mostró una correlación significativa ($p < 0,001$) negativa con todas las pruebas funcionales (salto vertical $r= -0,43$, VO_2 máx $r= -0,48$, abdominales $r= -0,37$ y extensiones $r= -0,77$), menos con la fuerza de agarre. Los autores concluyeron que para un determinado IMC, la CC fue mayor entre los que tuvieron los peores resultados en el VO_2 máx, salto vertical, abdominales y extensiones.

En este orden, Silvestre et al. (2006), evaluaron la relación entre la composición corporal (talla, MC, masa magra, MG y % de grasa) y el rendimiento físico (ej., salto vertical, carreras [9.1 y 36.5 m], VO_2 máx) en 27 atletas (de $19,9 \pm 1,3$ años) universitarios de fútbol y observaron una correlación negativa entre la MG y el VO_2 máx ($r= -0.67$; $p < 0,01$), y entre el % de grasa con el salto vertical ($r= -0.55$; $p < 0,01$) y con el VO_2 máx ($r= -0.65$; $p < 0,01$). La MC se correlacionó negativamente con el salto vertical ($r= -0.48$; $p < 0,05$), y aunque no fue estadísticamente significativo, la masa magra se correlacionó con el salto vertical ($r= -0.24$), al respecto, los autores señalaron que ello puede indicar que no necesariamente los atletas más magros tienen mayor capacidad de salto.

Otro estudio (Wong et al., 2009), sobre la relación entre características antropométricas (ej., peso, talla) y el rendimiento motor (ej., salto vertical, VO_2 máx) en futbolistas ($n= 70$) de categoría Sub 14, observaron correlaciones entre ambas; la talla se correlacionó con el salto vertical ($r = 0,36$; $p < 0,05$) y el VO_2 max ($r = 0,35$; $p < 0,05$) llegando a la conclusión de que seleccionar a futbolistas jóvenes (por parte

de los entrenadores) en base a sus características antropométricas (ej., peso y estatura) tiene ventajas competitivas a corto plazo, aunque no justificaron esa práctica en el proceso de largo plazo del desarrollo de los jugadores.

Aunado a lo anterior, Lago-Peñas et al. (2011), en una investigación sobre características antropométricas (ej., estatura, peso, % de grasa, perímetros) y fisiológicas (ej., VO₂máx, salto vertical, velocidad) en jugadores (n = 321) de 12-19 años (15,63 ±1,82 años) de fútbol, observaron que los jugadores más altos y pesados obtuvieron mejores resultados en el salto vertical y los más delgados en el VO₂máx; igualmente, aquellos jugadores de los equipos más exitosos resultaron ser más delgados y musculosos que sus contrapartes menos exitosos.

En un estudio similar (Gil et al., 2007), realizado con futbolistas de 14 a 17 años (seleccionados y no seleccionados) se observó que los jugadores seleccionados son más altos, pesados, delgados y tienen un mayor VO₂máx (absoluto y relativo) con lo cual, concluyeron, que estos parámetros son importantes en la determinación del éxito deportivo de un jugador.

Por otro lado (Torres-Unda et al., 2013), en un estudio con dos grupos de basquetbolistas (de 13 a 14 años) de alto y bajo nivel competitivo, sobre las características antropométricas (ej., estatura, peso) y fisiológicas (ej., resistencia aeróbica, velocidad, agilidad, salto vertical) se observó que los atletas de alto nivel fueron los más altos, pesados y tenían un mayor porcentaje de masa magra; tuvieron un mejor desempeño en todas las pruebas de rendimiento y además, las habilidades medidas se relacionaron con la puntuación promedio durante la temporada.

En este contexto, Dawes et al., (2016) en una investigación sobre la asociación entre características antropométricas (ej., % de grasa, masa magra, MG) con el rendimiento físico (ej., flexión del tronco en 1 minuto, extensiones en 1 minuto, salto vertical, fuerza en banco, VO₂máx) en policías (n=76) de 39,42 ± 8,41 años, observaron asociaciones en base a una significancia de $p \leq 0,001$, negativa del % de grasa con las extensiones ($r = - 0,41$) y el salto vertical ($r = - 0,56$); positiva de la masa magra con las extensiones ($r = 0,44$) y el salto vertical ($r = 0,39$); negativa de la masa grasa con el salto vertical ($r = - 0,37$) y con el VO₂máx ($r = - 0,42$). Sin

embargo, aunque no se mostró la significancia, pues se había establecido a $p \leq 0,001$, se observó una relación baja negativa entre el % de grasa con las abdominales ($r = - 0,20$) y el VO_2 máx ($r = - 0,29$); la masa magra con las abdominales ($r = - 0,18$) y el VO_2 máx ($r = - 0,21$); y la masa grasa con las extensiones ($r = - 0,21$) y las abdominales ($r = - 0,31$). Se concluyó que el enfoque específico para mejorar el rendimiento en las pruebas físicas, va más allá de disminuir el % de grasa, pues también implica aumentar selectivamente la masa magra.

Por último, en un estudio (Moncef et al., 2012) con atletas ($n=42$) de 18 a 31 años ($21,9 \pm 3,24$ años) de balonmano sobre la influencia de las características morfológicas (ej., peso, % de grasa, MG, masa magra) en diversas pruebas funcionales (ej., salto vertical [con y sin contramovimiento], VO_2 máx), se determinó que el peso se correlacionó negativamente con el salto vertical ($r = - 0,35$; $p < 0,05$) y el VO_2 máx ($r = - 0,71$; $p < 0,001$); la MG con el VO_2 máx ($r = - 0,39$; $p < 0,01$) y la masa magra con el VO_2 máx ($r = - 0,61$; $p < 0,001$) y no mostró relación con el salto vertical; no se evidenció relación entre el % de grasa y la talla con el salto vertical, ni el VO_2 máx. Se concluyó que existe una fuerte correlación entre las características antropométricas con las pruebas de rendimiento evaluadas en los atletas de balonmano, recalcando la asociación negativa entre el peso, la masa grasa y magra con el VO_2 máx

Bases Teóricas

Antropometría

La antropometría es la medición del cuerpo humano (ACSM, 2014) o la medición del tamaño y la proporción del cuerpo humano; incluye mediciones de talla (estatura), peso, circunferencias (tronco y extremidades), diámetros esqueléticos, longitudes segmentarias y de los pliegues cutáneos que son utilizados para estimar la composición corporal (ACSM, 2013, 2014; Heyward, 2008).

Los índices antropométricos como el índice de masa corporal (IMC) y la circunferencia de la cintura (CC) se han empleado para identificar a los individuos con alto riesgo de desarrollar enfermedades (ej., enfermedad cardiovascular y diabetes tipo 2) vinculadas a la obesidad y en comparación con los pliegues cutáneos, son medidas simples y económicas que no requieren de una gran habilidad técnica y entrenamiento (Heyward, 2008). También se ha observado que la CC, indicador de la adiposidad abdominal (grasa visceral y/o subcutánea), es un factor independiente y un fuerte predictor en el riesgo de desarrollar enfermedades, más que el IMC (Janssen, Katzmarzyk y Ross, 2004). No obstante, la CC ha sido una medida antropométrica menos utilizada en entornos clínicos y de investigación (Dagan et al., 2013).

En el campo atlético las variables antropométricas se han vinculado con los logros deportivos, por ejemplo; un estudio comparó variables antropométricas en deportes acuáticos (natación, nado sincronizado, poco acuático y saltos ornamentales) con el rendimiento atlético de cada uno, de lo que se pudo observar que en el estilo libre (200 y 400 metros) los nadadores más exitosos fueron más pesados y altos, tenían una mayor circunferencia del tórax, brazos y muslos; las nadadoras del estilo pecho (50, 100 y 200 metros) fueron más altas y pesadas, tenían mayor amplitud de las muñecas y las palmas, y una mayor longitud de los brazos y pies; del mismo modo, se ha observado desde hace décadas y a partir de datos de diferentes deportes olímpicos (de Tokio 1964 y México 1968), que los basquetbolistas, remeros y lanzadores de bala son los más altos y pesados, igualmente poseen una mayor masa libre de grasa y un porcentaje más alto de grasa (McArdle, Katch y Katch, 2007). Del mismo modo, el éxito competitivo en jóvenes (13-14 años) basquetbolistas se ha asociado con ser más alto, pesado y tener un mayor porcentaje de masa muscular (Torres-Unda et al., 2013). Asimismo, en un mismo deporte como en el fútbol, se presentan diferentes perfiles antropométricos que parecen ser apropiados según la posición que un jugador desempeñe (Sporis, Jukic, Ostojicy, Milanovic, 2009; Lago-Peñas et al., 2011).

En vista de lo cual se ha sugerido, desde hace décadas, que la falta de características físicas apropiadas en un deporte dado, hace casi imposible para un atleta alcanzar altos niveles de rendimiento, debido a lo cual las variables

antropométricas han sido factores que limitan o potencian el rendimiento humano (Carter, 1985). De acuerdo con lo expresado y más recientemente, un estudio con atletas de pista y campo de nivel nacional de Bangladesh, ha sugerido que la falta de resultados positivos en eventos internacionales se debe en gran medida a las deficiencias en las características antropométricas de los atletas (Anup, Nahida, Islam y Kitab, 2014).

Composición Corporal

Es el estudio de los componentes del cuerpo y sus proporciones relativas (ACSM, 2014), la composición corporal generalmente hace referencia al porcentaje total de grasa corporal, aunque también a la cantidad absoluta de tejido graso y libre de grasa (magro) (Kraemer, Fleck y Deschenes, 2012). Así, la masa corporal puede ser dividida en dos partes o compartimentos, la masa libre de grasa (MLG) y la masa grasa (MG), las cuales pueden ser expresadas de forma absoluta (kg) y/o relativa (%) (Plowman y Smith, 2011). Esta división del cuerpo en un componente graso y otro libre de grasa se conoce como el modelo de dos componentes o compartimentos (Heyward, 2008; Plowman y Smith, 2011).

La MG es el componente más variable del cuerpo e incluye la grasa de almacenamiento y la grasa esencial. La grasa de almacenamiento brinda protección corporal y sirve como aislante para conservar el calor, representa cerca del 12% de la masa corporal del hombre y un 15% en la mujer. Asimismo, está constituida por el tejido adiposo subcutáneo (grasa subcutánea) y aquella que se encuentra alrededor de los órganos internos (grasa visceral) (McArdle et al., 2007).

La grasa esencial es necesaria para el funcionamiento normal del cuerpo, representa cerca del 3% de la masa corporal total del hombre y el 12% en las mujeres, incluye la grasa en la médula ósea, el sistema nervioso central, las membranas celulares, el corazón, el bazo, los pulmones, el hígado, los intestinos y los músculos.

La grasa esencial en las mujeres es mayor que la de los hombres, pues incluye la grasa esencial específica del sexo femenino (ej., senos, genitales, subcutánea de la parte inferior del cuerpo), lo que se relaciona con la maternidad y otras funciones hormonales (McArdle et al., 2007).

La MLG y la masa corporal magra (MCM) son términos que a menudo se utilizan de forma intercambiable, aunque técnicamente no son lo mismo, la diferencia radica en que MCM incluye a la grasa esencial y la MLG no (McArdle et al., 2007; Plowman y Smith, 2011). La MLG hace referencia a la masa de todos los tejidos corporales excluyendo a la grasa (Kraemer et al., 2012), representa la masa de los músculos, los huesos, la piel, la sangre y los órganos, de manera que los compuestos químicos más representativos de la MLG comprenden al agua, las proteínas y los minerales (McArdle et al., 2007; Plowman y Smith, 2011).

Los métodos utilizados para evaluar la composición corporal implican estimaciones indirectas (las directas son realizadas en cadáveres) que se realizan por medio de los pliegues cutáneos, la impedancia bioeléctrica, el pesaje hidrostático, la pletismografía por desplazamiento de aire, la absorciometría dual de rayos x (DEXA), las medidas antropométricas (ej., circunferencias, índices) y otras metodologías menos frecuentes en el campo deportivo (ACSM, 2013; kraemer et al., 2012; McArdle et al., 2007, Plowman y Smith, 2011). Los métodos más accesibles en nuestro medio para estimar la composición corporal incluyen los pliegues cutáneos, la impedancia bioeléctrica y las medidas antropométricas.

Aptitud Física

El conjunto de atributos o características que las personas tienen o consiguen que se relacionan con la capacidad de realizar actividad física, definen a la aptitud física, estos componentes se relacionan con la salud y las habilidades (ej., deportivas), por lo que ese conjunto de características (componentes) que se evalúan a través de diversos test específicos, determinan la aptitud o condición física (Caspersen, Powell y Christenson, 1985).

Los componentes de la aptitud física relacionados con la salud, a saber, resistencia cardiovascular, composición corporal, fuerza muscular, resistencia muscular y flexibilidad, inciden en el estado de la salud de cualquier persona e influyen en el desempeño deportivo o atlético (unos más que otros según el deporte). En este sentido, en la mayoría de los deportes se precisa contar con un nivel adecuado de estos componentes; asimismo, contar con características antropométricas (ej. talla, peso) que tengan pertinencia con un deporte en particular (ACSM, 2013, 2014; Harman y Pandorf, 2007; Hoffman, 2012; Ratamess, 2012). Los otros componentes de la aptitud física relacionados con las destrezas o habilidades como la agilidad, coordinación, balance, potencia, tiempo de reacción y velocidad, tienen incidencia en el rendimiento atlético, ello en conjunto con la técnica y la táctica del deporte, además de los factores psicológicos (ACSM, 2013, Bompa y Haff, 2009; Ratamess, 2012).

Medición de Parámetros de Rendimiento Deportivo

www.bdigital.ula.ve

Los parámetros hacen referencia a los componentes (variables) del rendimiento atlético (Hoffman, 2012), o a las características (aptitudes) físicas del rendimiento atlético, en otros términos, la capacidad de rendimiento deportivo incluye varias características físicas, algunas de las cuales son más modificables a través del entrenamiento que otras, por lo que valorar cada parámetro que influye en el rendimiento atlético es de gran valor en el proceso de entrenamiento. En virtud de ello, el rendimiento atlético viene a ser la capacidad para responder de forma efectiva a diferentes retos de carácter físico (Harman et al., 2007).

Para determinar cuáles son los parámetros de rendimiento específico en un deporte dado, se debe llevar a cabo un proceso de análisis del deporte, que en conjunto con las características energéticas y biomecánicas (además del análisis de las lesiones), comprende la determinación de los requerimientos de la aptitud física en cuanto a la resistencia cardiovascular, velocidad, fuerza, resistencia muscular, potencia, agilidad, flexibilidad y antropometría (ej., peso y composición corporal) (Baechle, Earle y

Wathen, 2007; Harman et al., 2007). De esta manera, con ésta información, se puede determinar la relevancia de cada componente de la aptitud física y así diseñar un programa de acondicionamiento específico para responder a los requerimientos establecidos (Baechle et al., 2007; Hoffman, 2012).

El valor de las pruebas físicas en el deporte se basa en su utilidad para determinar los niveles iniciales de aptitud física y monitorear sus cambios, establecer objetivos, orientar o ajustar cargas, identificar las fortalezas y debilidades en las capacidades físicas, clasificar con fines de selección, crear un perfil atlético para un deporte, evaluar la efectividad del entrenamiento, predecir el rendimiento y además son una herramienta útil para motivar y educar a los atletas (Harman y Pandorf, 2007; Hoffman, 2012; Rhea y Peterson, 2012).

Si bien la selección de las pruebas físicas deben estar basadas en la relevancia que cada componente de la aptitud física tenga con un deporte particular (análisis de las necesidades del deporte), el rendimiento deportivo en muchos deportes incluyen la valoración de la fuerza (máxima), resistencia muscular, potencia, capacidad anaeróbica, velocidad, agilidad, capacidad aeróbica, composición corporal, antropometría y flexibilidad (Harman et al., 2007; Hoffman, 2012).

A continuación se discuten los parámetros del rendimiento deportivo evaluados en la presente investigación.

Fuerza muscular máxima

En la literatura científica varias definiciones de fuerza han sido utilizadas a través de los años, una de ellas define a la fuerza máxima como la máxima cantidad de tensión que un músculo o grupo muscular puede generar a una velocidad específica (Knuttgen y Kraemer, 1987); como también, la capacidad del músculo o grupo muscular para ejercer fuerza (ej., tensión) en un esfuerzo máximo, en consecuencia, los ejercicios que se pueden utilizar para valorar la fuerza máxima implican movimientos relativamente lentos, por lo cual reflejan la fuerza muscular en movimientos de baja velocidad (Harman et al., 2007).

Los test de fuerza muscular máxima pueden realizarse a través de pruebas dinámicas (acciones concéntricas y/o excéntricas), estáticas (acciones isométricas) o isocinéticas (a velocidad constante; puede incluir todos los tipos de acciones musculares) (ACSM, 2014). En los atletas, por lo general, la fuerza muscular máxima se valora por medio de los test dinámicos de una repetición máxima (1RM), es decir; el peso máximo que se puede levantar una sola vez con la técnica apropiada, por medio del cual se puede medir la fuerza de diferentes grupos musculares, aunque es común realizar pruebas que involucran grandes grupos musculares, como para la parte superior del cuerpo (ej. press de banca) y/o para la parte inferior del cuerpo (ej. sentadillas o press de piernas), para las cuales se requieren de pesos libres o máquinas de resistencia (ACSM, 2014; Hoffman, 2012).

La valoración de la fuerza por medio máquinas isocinéticas (acción muscular a velocidad angular constante), es poco común, pues el dispositivo es costoso, y por lo general se utilizan en centros de rehabilitación física o atlética, además, se requiere de un tiempo relativamente largo para evaluar varios grupos musculares (ACSM, 2014)

La valoración estática se realiza por medio de transductores de fuerza, dinamómetros de agarre o de tensiómetros de cable (ACSM, 2014; Harman et al., 2007), el test de dinamometría de agarre es práctico, fácil de llevar a cabo, toma poco tiempo, además, el dispositivo es relativamente accesible y brinda una medida confiable de la fuerza máxima de la parte superior del cuerpo (Bohannon, 2008; Kraemer et al., 2012; Trosclair et al., 2011).

Resistencia muscular

La resistencia muscular es la capacidad de un músculo o grupo muscular de realizar contracciones repetidas contra una resistencia submáxima durante un tiempo prolongado (Harman et al., 2007; Heyward, 2008), también se puede definir como la capacidad de producir repetidamente fuerza o torque en contra de una resistencia submáxima externa o la capacidad del músculo o grupo muscular de mantener un nivel requerido de fuerza submáxima con una postura específica por el mayor tiempo posible; por lo que la característica que distingue a la resistencia muscular es la

capacidad muscular de resistir a la fatiga (Moir, 2012). Debido a lo cual la resistencia muscular puede valorarse por medio de test dinámicos o estáticos (ACSM, 2014; Moir, 2012).

En base a que se ha observado una correlación entre la fuerza muscular máxima y la resistencia muscular, se han utilizado ecuaciones para predecir el valor de una repetición máxima (1RM) a partir de levantamientos submáximos (ej., 5RM) realizados en pruebas específicas (Reynolds, Gordon y Robergs, 2006). Del mismo modo, se ha observado que las personas más fuertes pueden realizar un mayor número de repeticiones con una resistencia absoluta y por lo tanto una mayor cantidad de trabajo, no obstante, al establecer una carga en base a un porcentaje de la fuerza máxima, una persona fuerte o una débil, igualmente, serán capaces de realizar aproximadamente, una cantidad de trabajo relativo similar (Stone et al., 2006)

Se han sugerido algunas acotaciones sobre las pruebas de valoración de la resistencia muscular; deben ser continuas y tener una duración de entre varios segundos a varios minutos, sin descansos, ni movimientos corporales extraños (Harman et al., 2007). Típicamente, la resistencia muscular dinámica es valorada a través de la medición del número máximo de repeticiones en diversos ejercicios calisténicos (con o sin un tiempo fijo), como las pruebas de dominadas, fondos en barras paralelas, extensiones, flexión del tronco o también por medio de ejercicios con pesos libres (o maquinas apiladas) con un determinado peso fijo (Harman et al., 2007; Heyward, 2008).

Las pruebas estáticas de resistencia muscular se valoran por medio de la realización de acciones musculares isométricas a través de las cuales se intenta mantener una posición corporal dada por el mayor tiempo posible; una de estas pruebas estandarizadas es la denominada cronometrada en barra (flexión de codos colgado de una barra), en la cual se debe sostener el cuerpo con la barbilla sobre una barra de dominadas por el mayor tiempo posible (ACSM, 2014; Moir, 2012). Se ha señalado que la estimación de la fuerza de agarre tiene una gran importancia en deportes acíclicos (ej., lucha, tenis, balonmano, baloncesto, voleibol, béisbol, levantadores de pesos), en los cuales la fuerza de agarre es una necesidad para el

rendimiento y además, se ha utilizado como un indicador de la fuerza física general, el nivel nutricional y de rendimiento físico (Fry et al., 2006; Koley y Kaur, 2011).

Potencia (anaeróbica máxima)

La capacidad de potencia muscular es considerada fundamental en el rendimiento de numerosas actividades deportivas, en especial para aquellas en las que predomina el metabolismo anaeróbico (Arnason et al., 2004; Cronin y Sleivert, 2005; Lorenz et al., 2013), y esto se refleja en su definición; se puede definir como la capacidad de un músculo de ejercer fuerzas elevadas durante una contracción rápida, expresada de otro modo; es la fuerza muscular en movimientos de alta velocidad (explosivos), éste parámetro también se conoce como potencia (muscular) anaeróbica máxima, pues la principal fuente energética es anaeróbica y específicamente proviene del sistema de los fosfágenos (ATP-PC) (Harman et al., 2007).

La potencia se puede evaluar en laboratorios de rendimiento humano o por medio de pruebas de campo (Peterson, 2012). Las pruebas de valoración de la potencia son de muy corta duración, se realizan a máxima velocidad y se pueden cuantificar mediante el peso de 1RM en ejercicios dinámicos explosivos (ej., envión, arranque), la altura de un salto vertical, la distancia de un salto horizontal (salto largo de pie), la distancia de un lanzamiento (ej. balón medicinal) o el tiempo que se toma en subir escaleras (Harman et al., 2007, Peterson, 2012).

Un punto a considerar en la potencia, tomando como ejemplo la prueba del salto vertical (una de las pruebas más populares y simples de valorar la potencia de las extremidades inferiores), es que es posible que un deportista salte una misma altura después de haber aumentado su masa corporal, durante un periodo de entrenamiento (o desentrenamiento), y se llegue a pensar que no se ha producido mejora en la potencia, sin embargo, sucede todo lo contrario, el deportista ha conseguido una mayor potencia como consecuencia de haber aumentado su masa corporal (Harman et al., 2007).

Capacidad aeróbica (VO_2 máx)

La capacidad aeróbica también denominada potencia aeróbica o resistencia aeróbica, es la tasa máxima de energía que el organismo puede producir a través de la oxidación de los sustratos energéticos (hidratos de carbono, grasas y proteínas), comúnmente se expresa en forma relativa como el volumen de oxígeno consumido por kilogramo de peso corporal por minuto (mL/kg/min) (Harman et al., 2007); también se puede expresar de forma absoluta en litros (o mililitros) por minuto (L/min o mL/min); asimismo, el valor absoluto se relaciona de forma directa con el tamaño corporal, por ende los hombres, con frecuencia, tienen un consumo de oxígeno absoluto mayor que las mujeres (Heyward, 2008).

La aptitud cardiorrespiratoria se relaciona con la capacidad de realizar ejercicios dinámicos de moderada a alta intensidad, que involucra grandes grupos musculares por un periodo prolongado, y el criterio aceptado para medir la aptitud cardiorrespiratoria es el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx) (ACSM, 2013). El VO_2 máx es el reflejo más válido de la capacidad funcional de los aparatos cardiovascular y respiratorio, pues refleja la capacidad del corazón, los pulmones y la sangre para transportar oxígeno hacia los músculos que se ejercitan y además la utilización del oxígeno por los músculos durante el ejercicio (Heyward, 2008).

A diferencia de las actividades deportivas que requieren una elevada capacidad aeróbica (ej., carreras, ciclismo, natación, entre otros), el desarrollo de la potencia aeróbica es de menor importancia en el entrenamiento de los deportistas que participan en actividades anaeróbicas (ej., baloncesto, deportes de combate, fútbol, béisbol, entre otros), no obstante, su valor está subordinado a la recuperación (energética como de la acidosis metabólica) entre los esfuerzos repetidos, por lo que las demandas repetidas de alta intensidad combinadas con la duración de un evento deportivo, subrayan la necesidad de la potencia aeróbica, en especial, para la recuperación del sistema anaeróbico (Anning, 2012).

Hay que considerar que aunque una potencia aeróbica elevada es de menor importancia en eventos anaeróbicos (en unos más que en otros), las primeras etapas del proceso de entrenamiento se enfocan en el establecimiento de una base de aptitud cardiorrespiratoria y muscular, necesarias en la progresión de la adaptaciones del

organismo, requeridas en un deporte anaeróbico, por ende, la capacidad aeróbica debe ser evaluada al inicio y al final del periodo preparatorio general (Anning, 2012).

Otro punto a considerar es que los deportes anaeróbicos ofrecen más opciones en las pruebas de potencia aeróbica, mientras que los individuos que compiten en eventos de larga distancia están limitados por el principio de especificidad (Anning, 2012).

La prueba de referencia de la capacidad cardiorrespiratoria o aeróbica (directa) se realiza en un laboratorio e implica un ejercicio (en bicicleta o cinta ergométrica) máximo con el uso de un analizador de gases (ACSM, 2014). Cuando la medición directa (analizador de gases) del VO_2 máx no es factible, una variedad de pruebas indirectas (de laboratorio o de campo) por medio de ejercicios máximos o submáximos, se pueden utilizar para estimar el VO_2 máx (ACSM, 2013).

Clasificación de los Deportes

Las características particulares de cada deporte requieren de habilidades específicas, que demandan el desarrollo de un perfil deportivo específico para lograr el rendimiento máximo (Benedetti, 2011), sin embargo, muchos deportes comparten ciertas características que pueden ser utilizadas como criterios para agruparlos o clasificarlos.

Aunque existen diversos criterios para clasificar los deportes, Bompa y Haff (2009) señalan que se pueden clasificar como individuales (ej., pista y campo, gimnasia, boxeo) o de equipo (ej., fútbol, baloncesto, rugby), en base a las habilidades biomotoras predominantes (fuerza, velocidad, resistencia y coordinación) o también se pueden clasificar en base a tres grupos de ejercicios; ejercicios cíclicos, acíclicos y acíclicos combinados.

Los deportes cíclicos (repetitivos) comprenden deportes como la caminata, carrera, natación, remo, canotaje, ciclismo o patinaje, en los cuales la principal característica es que la acción motriz implica movimientos repetitivos, en otras palabras; cada ciclo de movimiento es idéntico, de manera que el deportista aprende

el ciclo de movimiento y puede repetirlo durante el tiempo que dure la competición. Es interesante observar que en los deportes mencionados, el sistema de energía predominante para llevar a cabo cada actividad es el aeróbico, ello en base a la distancia y/o tiempo del evento, por ende en los deportes cíclicos predomina, generalmente, el metabolismo aeróbico (Anning, 2012; Wilber, 2012).

Los deportes acíclicos (no repetitivos) comprenden deportes como gimnasia, lanzamiento de disco, los de combate, lucha, boxeo, esgrima o deportes de equipo, en los cuales se realizan diversas acciones motrices durante el evento y al contrario de los deportes cíclicos, el sistema de energía predominante es el anaeróbico (Anning, 2012). Finalmente, los deportes acíclicos combinados, consisten de movimientos cíclicos seguidos de movimientos acíclicos, por ejemplo, los saltos (alto, largo, con garrocha), patinaje artístico, clavados, entre otros.

Uno de los objetivos de clasificar a los deportes según diversos criterios es focalizar la investigación científica interdisciplinaria y construir una teoría y metodología del entrenamiento específica para cada grupo de deportes (Benedetti, 2011). La presente investigación tomó como sujetos de estudio a diversos atletas de deportes acíclicos en los cuales predomina el metabolismo anaeróbico.

CAPITULO III

www.bdigitalula.ve

METODOLOGIA

Diseño de la Investigación

El presente estudio tuvo un diseño transversal, tipo descriptivo de correlación, cuyo propósito se enmarca en examinar la relación entre variables para establecer si hay o no asociación, igualmente para determinar (en caso de que exista), el grado de relación entre dos o más variables cuantificables (numéricas), de manera de que si dos variables se correlacionan, se puede usar esa relación para predecir el valor de una variable para un sujeto, si se conoce el valor que tiene el sujeto en la otra variable, además, es importante recalcar que la correlación implica predicción, más no causalidad (Thomas, Nelson y Silverman, 2005; Kraemer et al., 2012). En el estudio se relacionaron características antropométricas con el rendimiento físico funcional en atletas de diversas disciplinas deportivas acíclicas del Estado Mérida-Venezuela.

Sujetos del Estudio

Se evaluaron 63 atletas masculinos de diversos deportes acíclicos (Fútbol $n = 27$; Baloncesto $n = 25$; Escalada $n = 7$ y Polo Acuático $n = 4$) con edades comprendidas entre 15 y 27 años y una edad de entrenamiento de 7,1 ($\pm 3,69$) años; las características antropométricas fueron en la talla ($1,71 \pm 0,01$ m), la masa corporal ($61,4 \pm 1,15$ kg), el porcentaje de grasa ($8,6 \pm 0,47$ %), la circunferencia de la cintura ($73,0 \pm 0,65$ cm), la masa grasa ($5,4 \pm 3,03$ kg) y la masa libre de grasa ($55,9 \pm 0,93$ kg).

Criterios de inclusión

Atletas masculinos entre 15 a 30 años de edad de diversas disciplinas deportivas acíclicas con al menos un año de entrenamiento.

Criterios de exclusión

Presentar alguna enfermedad (ej., respiratoria) o lesión (ej., musculoesquelética) que le impida realizar las pruebas físicas al momento del estudio.

Variables del Estudio

Independientes:

- Masa corporal (MC) o peso corporal.
- Talla.
- Circunferencia de la cintura (CC).
- Porcentaje de grasa (% grasa).
- Masa Grasa (MG).
- Masa Libre de Grasa (MLG).

Dependientes:

- Fuerza de agarre.
- Extensiones.
- Abdominales.
- Salto vertical.
- VO₂máx por medio del PWC₁₇₀

Instrumentos

Se utilizó una ficha estándar para registrar la edad, el deporte, los años (o edad) de entrenamiento y los valores de las mediciones físicas. La masa corporal (peso corporal) y la talla se midieron en una báscula mecánica de columna (Health o Meter, Continental Scale Corporation). La circunferencia de la cintura (abdominal) se midió con una cinta métrica no elástica. Los pliegues cutáneos se midieron con un calibrador de pliegues marca John Bull Harpenden, un calibrador de alta calidad que proporciona una presión constante de 10 g/ mm² y una confiabilidad de 0,2 mm.

La fuerza máxima se midió con un dinamómetro de agarre marca Owl Biomedical Inc. Dos colchonetas fueron utilizadas en la prueba de abdominales. En el test del salto vertical se utilizaron tizas, una pared alta, un banco y un metro metálico. Para la prueba de capacidad aeróbica se utilizaron 6 bicicletas estáticas ergométricas marca Monark (tres modelo Ergomedic 828E, dos modelo 818E y dos modelo 668) 3 relojes monitores de la frecuencia cardíaca (pulsómetros) marca Sigma Sport con sus respectivos sensores (correas con sensor), 3 sensores Monark (de las bicicletas modelo Ergomedic 828E) y un metrónomo electrónico marca Franz Electric Metronome y 6 cronómetros digitales.

Procedimiento

Con la colaboración de estudiantes y dos profesores del departamento de Educación Física, se contactaron a entrenadores y atletas de las disciplinas deportivas mencionadas y se les informó brevemente sobre el estudio (ej., realización de pruebas físicas, requisitos para participar en el estudio, beneficios) invitándoles a participar y acudir al laboratorio de Fisiología del Ejercicio de la Universidad de Los Andes en determinadas fechas. Aquellos atletas que acudieron al laboratorio recibieron la explicación del estudio y de las pruebas a realizar. Cada atleta firmó el consentimiento informado.

Luego de registrar los datos de cada sujeto (nombre, deporte y edad deportiva), se tomaron las mediciones antropométricas en el siguiente orden: masa corporal, talla, pliegues cutáneos y circunferencia de la cintura.

Al contar con los datos antropométricos se procedió a realizar las pruebas de rendimiento físico en el siguiente orden: medición de la fuerza muscular por medio del test de dinamometría de agarre; acondicionamiento en bicicleta por 3 minutos antes de realizar el test de salto vertical; a continuación la prueba de extensión; luego de unos minutos de descanso la prueba de abdominales y finalmente la medición de la capacidad aeróbica (VO_2 máx) por medio del test de capacidad física de trabajo a 170 latidos (PWC_{170}).

Descripción de las Pruebas

Mediciones antropométricas

La masa corporal (peso) fue medida en kilogramos, con la menor cantidad de ropa posible (sin calzado), con el sujeto de pie sobre la balanza.

La talla fue medida en centímetros con cada sujeto ubicado erguido con ambos pies (sin calzado) planos sobre la balanza, de espalda al tallimetro de la balanza, con la mirada al frente y la cabeza en posición neutra o en plano de Frankfurt (una línea pasa horizontalmente desde el conducto auditivo hacia el punto más bajo de la órbita del ojo) para luego colocar el cabezal horizontal sobre la parte superior de la cabeza.

Los pliegues cutáneos fueron medidos en milímetros (mm) con un calibrador de pliegues en tres sitios anatómicos del lado diestro de los sujetos, Se midieron los pliegues del tórax (pecho), abdomen y muslo. El evaluador tomó la piel con la mano izquierda entre el dedo pulgar y el índice separados unos 7,5 cm, para luego colocar el calibrador sobre la piel, perpendicular a cada pliegue cutáneo, a 1 cm del pulgar y el índice del evaluador entre el punto intermedio de la cresta y la base del pliegue. El calibrador se mantuvo entre 1-2 segundos antes de leer la medida, realizándose al menos dos mediciones por pliegue. Para el cálculo del porcentaje de grasa primero se utilizó la fórmula general (anexo C) para hallar la densidad corporal y luego se incorporó el resultado a la fórmula de porcentaje de grasa (de Siri) (ACSM, 2014).

La circunferencia de la cintura se midió en centímetros (cm), con el sujeto de pie en posición erguida y sin franela, se colocó la cinta métrica alrededor del abdomen en la parte más angosta del torso (debajo de la apófisis xifoides a unos 2,5 cm sobre el ombligo) en un plano horizontal paralelo al suelo, tomándose la medida al final de la espiración normal (ACSM, 2014; Harman et al., 2007).

Test de fuerza de agarre

Se ajustó la barra de agarre del dinamómetro para que las falanges medias de los dedos de los sujetos se flexionen para asir el mango del dinamómetro. Con el sujeto sentado, el brazo al costado del cuerpo, el codo flexionado a 90 grados y la mano en una posición neutra, se ejerció la mayor fuerza posible de prensión por unos pocos segundos (Ej., 3 s), sin realizar movimientos corporales adicionales. Se realizaron tres intentos con cada mano, tomando entre cada intento un descanso de unos 30 segundos hasta 1 minuto. Se registró el valor más alto (kg), tanto para la mano derecha como para la izquierda, posteriormente se sumaron los valores (ACSM, 2014; Heyward, 2008).

Test de extensiones

Este test mide la resistencia muscular de la parte superior del cuerpo (Dawes et al., 2016). El atleta adoptó una posición en pronación con las manos en el suelo separadas

a la anchura de los hombros, los dedos apuntando al frente, la espalda recta, cabeza elevada, extremidades inferiores juntas y con los dedos de los pies como punto pivote (Heyward, 2008). Desde la posición de inicio, abajo (codos flexionados), se eleva el cuerpo extendiendo completamente los codos para luego descender hasta que los codos se flexionen al menos 90 grados o los brazos lleguen a estar paralelos con el suelo. El tronco debe permanecer recto todo el tiempo. No se contaron las repeticiones que no cumplieron estos criterios. La puntuación fue dada por el número de repeticiones (contadas cuando los codos se flexionaron) realizadas en un minuto (Fogelholm et al., 2006).

Test de abdominales

El sujeto recostado en posición supina sobre una colchoneta, con las rodillas flexionadas a un ángulo de 90 grados, las caderas ligeramente abducidas, los codos flexionados y cruzados por delante del tórax colocando los dedos de cada mano sobre el hombro contrario. Un ayudante sostuvo los tobillos del atleta. Desde la posición inicial el sujeto flexiona el tronco elevando sus hombros hasta que los codos toquen las rodillas, luego desciende el tronco hasta que la parte superior de la espalda toque la colchoneta. No se contaron las repeticiones que no cumplieron con los criterios establecidos. Se registró el número de repeticiones (contadas cuando la espalda tocó la colchoneta) correctas realizadas en un minuto (Fogelholm et al., 2006; Harman et al., 2007).

Test de salto vertical

El test de salto vertical (con contramovimiento) es comúnmente utilizado como un índice de la potencia de las extremidades inferiores (Abidin y Adam; 2013; Aslan et al., 2011). El atleta realizó un acondicionamiento previo al test que consistió en pedalear en una bicicleta estática a una baja intensidad por unos 3 minutos. El alcance del atleta fue medido, para ello el atleta se frotó con tiza los dedos, en especial el dedo medio, de su mano derecha, se colocó de pie con el hombro derecho adyacente a la pared (unos 15 cm de separación) y elevó la mano lo más alto posible para hacer

una marca con sus dedos en la pared, ello con ambos pies apoyados en toda su superficie sobre el piso. Luego se realiza un contramovimiento (desciende el cuerpo para inmediatamente elevarlo) y se salta lo más alto posible para hacer una segunda marca en la pared. La altura del salto vertical fue registrada como la distancia entre la marca más alta alcanzada, de tres intentos, y la marca inicial (Harman et al., 2007; Peterson, 2012).

Test de capacidad física de trabajo (PWC_{170}) para medir el VO_2 máx

La prueba de capacidad física de trabajo (PWC) es una prueba submáxima, se llevó a cabo en una bicicleta ergométrica en la cual se realizaron dos cargas de trabajo de 5 minutos cada una, a un ritmo de 60 revoluciones por minuto (metrónomo a 120 sonidos por minuto), separadas por un intervalo de descanso de 3 minutos entre las cargas. El primer paso para realizar la prueba, requiere conocer el peso del atleta para establecer el trabajo de la primera carga. Luego de colocarle al atleta el sensor de frecuencia cardíaca (alrededor del torso) y ajustar el sillín, se inicia la prueba ajustando rápidamente la carga de trabajo de la primera carga (que siempre es menor que la segunda). La segunda carga se establece según la respuesta de la frecuencia cardíaca al finalizar la primera carga (al terminar los primeros 5 minutos). Las dos cargas y las respuestas de la frecuencia cardíaca de cada carga se registraron, posteriormente estos datos se incorporaron a la fórmula del PWC_{170} (anexo C), y con el resultado obtenido se halló el VO_2 máx por medio de otra fórmula (Karpman, 1989).

Componente Ético

El estudio fue realizado acorde a los principios éticos de investigación, aprobado por el Consejo de Estudios de Postgrado de Educación Física. Se informó acerca de los beneficios y posibles riesgos de participar en el estudio y posteriormente cada sujeto firmó el consentimiento informado.

Análisis de los Datos

Todos los cálculos estadísticos fueron realizados con el software SPSS (IBM corp, released 2011, Armonk, NY, USA), Versión 20.0. Un test de normalidad (Kolmogorov-Smirnov) fue inicialmente desarrollado para cada variable continua con el fin de determinar si mostraban una distribución normal o no normal. Los datos de variables continuas son presentados como media \pm error estándar. La edad mostró una distribución no normal, por lo cual fue presentada como mediana y rango. Las diferencias entre las medias fueron medidas con la prueba de ANOVA. Las diferencias entre las medianas de edad fueron evaluadas con la prueba de Kruskal-Wallis. La correlación de las variables se realizó con la prueba de correlación de Spearman. El análisis de regresión lineal múltiple escalonado se realizó para determinar las variables antropométricas más relevantes en las pruebas de rendimiento físico. La significancia estadística fue considerada con un nivel de alfa de $p \leq 0,05$.

www.bdigital.ula.ve

Acotaciones de los análisis estadísticos

Para comparar más de dos puntajes promedios o resultados medios, la prueba más común es la de análisis de varianza o ANOVA, que se utiliza para comparar más de dos puntuaciones medias (Berg y Latin, 2004).

La prueba estadística Kruskal-Wallis es el equivalente, no paramétrico, de la prueba ANOVA y se utiliza cuando comparaciones de más de dos grupos independientes deben realizarse (Berg y Latin, 2004).

La correlación de variables por medio de la prueba Spearman (r) es la versión no paramétrica de la correlación de Pearson (r). Utilizada cuando los datos son de nivel ordinal o hay problemas con un conjunto bajo de datos ($n < 30$). La prueba Spearman se interpreta igual que la correlación de Pearson, por ende se puede establecer una clasificación de correlación de $\leq 0,25$ débil; 0,26-0,50 moderada; 0,51-0,75 moderada-alta; $\geq 0,76$ alta. Hay que tener presente que cuando dos variables se

relacionan (covarían), se pueden correlacionar positivamente o negativamente (ej., $r = 0,41$ correlación positiva; $r = -0,41$ correlación negativa) (Berg y Latin, 2004).

El análisis de regresión lineal múltiple escalonado se utiliza para controlar posibles variables o factores de confusión, ajustado por todas las variables que se incluyan, a fin predecir o de indicar cuál (o cuales) es la variable más importante (mayor influencia) de las variables independientes (ej., variables antropométricas) sobre la dependiente (ej., prueba de rendimiento físico).

La significancia estadística o valor de alfa es el punto de referencia que se selecciona previamente a los análisis estadísticos, con el propósito de aceptar o rechazar la hipótesis nula, así, un nivel alfa de 0,05 significa que cualquier evento puede ocurrir por azar más de 5 veces de 100 (Berg y Latin, 2004). El valor de p tiene un rango que va desde 0,0 a 1,0; en el área del deporte éste valor es típicamente considerada significativa si p es $\leq 0,05$ (5%), lo que indica que sólo hay un 5% de riesgo de error en los resultados y que hay 95% de probabilidad de que los mismos resultados se obtuviesen si las condiciones fueran repetidas (Rhea y Peterson, 2012); en otras palabras, la probabilidad de que los hallazgos sean debido al azar son de 5 en 100.

Limitaciones

En las diferentes disciplinas deportivas se enfatizan diversas capacidades físicas (ej. fuerza, resistencia, potencia), sistemas energéticos y cada cual emplea patrones de movimiento específicos, por lo que los resultados de cada prueba pueden no ser homogéneos.

El estado nutricional, emocional, el cansancio, el entrenamiento en los días previos, el grado de entrenamiento y la fase en la que se encuentra cada atleta en sus respectivos procesos de entrenamiento, son factores que no se controlaron que pudieron incidir en los resultados de los test.

CAPITULO IV
RESULTADOS

La media y la desviación estándar de las características antropométricas de los participantes se presentan en la Tabla 1; la edad se expresa como mediana y rango intercuartílico, por no presentar una distribución normal. La muestra fue de 63 sujetos masculinos de 4 disciplinas deportivas (fútbol n=27; Escalada n=7; Baloncesto n=25 y Polo Acuático n=4) con una edad mediana de 16 (12) años. Las medias de la CC, el % de grasa y la MG no fueron estadísticamente significativas. Los sujetos de polo acuático fueron los más altos ($1,84 \pm 0,03$ m), pesados ($72,8 \pm 2,23$ kg) y con la mayor cantidad de MLG ($65,4 \pm 1,62$ kg). Los futbolistas fueron los de menor talla ($1,67 \pm 0,01$ m), MC ($58,1 \pm 1,58$ kg) y MLG ($53,1 \pm 1,23$ kg). Los escaladores y los basquetbolistas presentaron valores intermedios en la talla ($1,70 \pm 0,01$ m y $1,74 \pm 0,02$ m), la MC ($61,6 \pm 2,71$ kg y $63,1 \pm 1,92$ kg) y la MLG ($57,3 \pm 2,35$ kg y $57,0 \pm 1,54$ kg) respectivamente.

Tabla 1**Características Antropométricas de los Sujetos**

Variable	Fútbol n = 27	Escalada n = 7	Baloncesto n = 25	Polo Acuático n=4	Total n = 63
Edad (años)*	15(6)	20(10)	15(2)	20(7)	16(12)
Entrenamiento (años)	7,1±3,69	5,0±3,07	7,6±0,48	6,0±2,44	7,1±3,09
Talla (m)†	1,67±0,01	1,70±0,01	1,74±0,02	1,84±0,03	1,71±0,01
MC (kg) †	58,1±1,58	61,6±2,71	63,1±1,92	72,8±2,23	61,4±1,15
CC (cm)	72,0±0,95	74,8±1,60	72,9±1,13	77,7±0,55	73,0±0,65
% de Grasa	8,1±0,79	6,8±0,77	9,3±0,79	10,1±0,57	8,6±0,47
MG (kg)	4,95±0,62	4,3±0,55	6,1±0,63	7,42±0,61	5,4±3,03
MLG (kg)†	53,1±1,23	57,3±2,35	57,0±1,54	65,4±1,62	55,9±0,93

Nota. MC= masa corporal; MLG= masa libre de grasa; MG = masa grasa; MC = masa corporal; CC= circunferencia de la cintura.

Variables continuas están como media y error estándar, excepto edad que es presentada como mediana y rango intercuartil.

*Test de Kruskal-Wallis, representa diferencia en las medianas de edad entre los deportes, $p < 0,001$.

†Test de ANOVA, representa diferencia en las medias entre los deportes, $p < 0,05$.

En la Tabla 2 se presentan los resultados de las pruebas de rendimiento; los sujetos de polo acuático lograron valores intermedios en casi todas las pruebas de rendimiento, obteniendo valores altos en la fuerza de agarre ($86,6 \pm 2,33$ kg), similar a los escaladores ($88,0 \pm 4,1$ kg), también obtuvieron los valores más altos en las extensiones ($30,2 \pm 2,28$ reps) equivalente a los escaladores ($30 \pm 3,33$ reps). Los sujetos de fútbol obtuvieron los valores más bajos en las pruebas de salto vertical ($43,8 \pm 1,21$ cm), fuerza de agarre ($63,3 \pm 2,40$ kg) y extensiones ($20,5 \pm 1,90$). Los escaladores alcanzaron los valores más altos en el salto vertical ($52,1 \pm 2,61$ cm) y fuerza de agarre ($88,0 \pm 4,1$ kg). Los sujetos de baloncesto obtuvieron valores intermedios en casi todas las mediciones.

Los valores en las pruebas de rendimiento entre los sujetos del estudio no mostraron diferencias significativas en cuanto al VO_2 máx y las abdominales. Los resultados más bajos en las extensiones por parte de los futbolistas (grupo de menor talla, MC y MLG), también pudo asociarse, parcialmente, a un menor énfasis en el entrenamiento de la parte superior del cuerpo. La mayor fuerza de agarre fue conseguida por los escaladores y por los atletas de polo acuático (grupo de mayor talla, MC y MLG), con valores similares ($88,0 \pm 4,1$ kg y $86,6 \pm 2,33$ kg respectivamente), lo que destaca cómo la especificidad deportiva incide en la manifestación de la fuerza de agarre, puesto que los escaladores deben agarrarse

continuamente de presas (ej., objetos de diferentes formas y tamaños) para sostener y desplazar su cuerpo.

La altura alcanzada en el salto vertical fue menor entre los atletas de fútbol (menor talla, MC y MLG) y los de polo acuático (mayor talla, MC y MLG), sugiriendo, en parte, un insuficiente entrenamiento de la potencia en las extremidades inferiores, si bien habría de esperarse una mayor distancia en el salto vertical en los atletas de fútbol, pues en éste deporte se requiere de movimientos explosivos para saltar (ej., cabecear), en la recuperación del balón y para patear el balón (Silvestre et al., 2004). Los atletas de polo acuático, aunque realizan movimientos explosivos, se encuentran en un estado de movimiento continuo de sus extremidades inferiores, lo cual hace que se dé una mayor solicitud y adaptación en las fibras musculares tipo I (lentas) y por lo tanto, una menor capacidad de realizar contracciones explosivas (Hoffman, 2012; Silvestre et al., 2004).

Tabla 2

Resultados en las Pruebas de Rendimiento

Variable	Fútbol n = 27	Escalada n = 7	Baloncesto n = 25	Polo Acuático n=4	Total n = 63
Fuerza de agarre (kg)†	63,3±2,40	88,0±4,1	64,7±2,14	86,6±2,33	68,1±1,80
Abdominales (reps)	42,7±1,15	47,7±3,85	43,8±1,84	42,5±2,09	48,3±0,98
Extensiones (reps)†	20,5±1,90	30,0±3,33	27,3±2,45	30,2±2,28	24,9±1,40
Salto vertical (cm)†	43,8±1,21	52,1±2,61	47,5±0,91	45,7±1,3	46,3±0,76
VO ₂ máx estimado (ml/kg/min)	53,6±1,65	51,8±3,16	52,6±1,65	50,6±3,79	52,8±1,03

Nota. Variables continuas están como media y error estándar.

†Test de ANOVA, representa diferencia en las medias entre los deportes, $p < 0,05$.

En la Tabla 3 se presentan las correlaciones entre las variables antropométricas y las pruebas de rendimiento motor. Es preciso recalcar varios aspectos; el hecho de que el valor de r sea significativo, solamente, indica una alta confianza en que una relación existe. El coeficiente de determinación (r^2) es una medida de la varianza

compartida (común) entre dos variables o la proporción (%) de variabilidad, en este valor no se hará énfasis, puesto que en la mayoría de estudios similares no se discute. Los valores mostrados en el análisis de regresión lineal múltiple (r), evidencian la o las variables independientes (ej., antropométricas) que tuvieron mayor influencia sobre alguna variable dependiente (ej., prueba de rendimiento), luego de ajustar por las otras variables independientes.

Correlación entre las Medidas Antropométricas y las Pruebas de Rendimiento

Tabla 3 www.bdigital.ula.ve

Correlación entre las Medidas Antropométricas y las Pruebas de Rendimiento

	Fuerza de Agarre			Extensiones			Abdominales			Salto vertical			VO ₂ max		
	r	r ²	r.	r	r ²	r.	r	r ²	r.	r	r ²	r.	r	r ²	r.
Talla	0,44†	0,19		-0,15	0,02		0,1	0,01		0,32†	0,1		-0,28†	0,08	
MC	0,59†	0,35		-0,14	0,02		0,05	0		0,24	0,06		-0,66†	0,44	-0,74
%Grasa	0,02	0		-0,26†	0,07		-0,32†	0,1		-0,31†	0,1	-0,47	-0,53†	0,28	
MG	0,14	0,02		-0,25†	0,06		-0,25†	0,06		-0,21	0,04		-0,59†	0,35	
C.C	0,48†	0,23		-0,14	0,02		0,01	0		0,02	0		-0,57†	0,32	
MLG	0,68†	0,46	0,72	-0,08	0,01		0,17	0,03		0,38†	0,14	0,53	-0,58†	0,34	

Nota. MC = masa corporal; MG = masa grasa; CC = circunferencia de la cintura; MLG = masa libre de grasa; r = coeficiente de correlación Spearman; r² = coeficiente de determinación; r. = regresión lineal múltiple; † = correlación significativa (p < 0,05).

En los siguientes gráficos se describe una o dos pruebas de rendimiento en el eje X (horizontal); en el eje Y (vertical) se representa una o varias medidas antropométricas

con las que cada prueba tuvo relación, las cuales se distinguen con un color diferente; los círculos representan a los sujetos de la muestra.

A continuación se describen las correlaciones halladas entre las medidas antropométricas y las pruebas de rendimiento.

Test de fuerza de agarre

La fuerza de agarre (suma de los valores de ambas manos) mostró una correlación positiva estadísticamente significativa con la talla ($r = 0,44$; $p < 0,001$), la MC ($r = 0,59$; $p < 0,001$), la CC ($r = 0,48$; $p < 0,001$) y la MLG ($r = 0,68$; $p < 0,001$). Sin embargo, al realizar el análisis de regresión lineal múltiple se observó que sólo la MLG mantuvo una significancia estadística positiva con la fuerza, incrementando su correlación a $r = 0,72$; $p < 0,001$. El resto de las variables no mostraron significancia independientemente de la MLG (Gráfico 1).

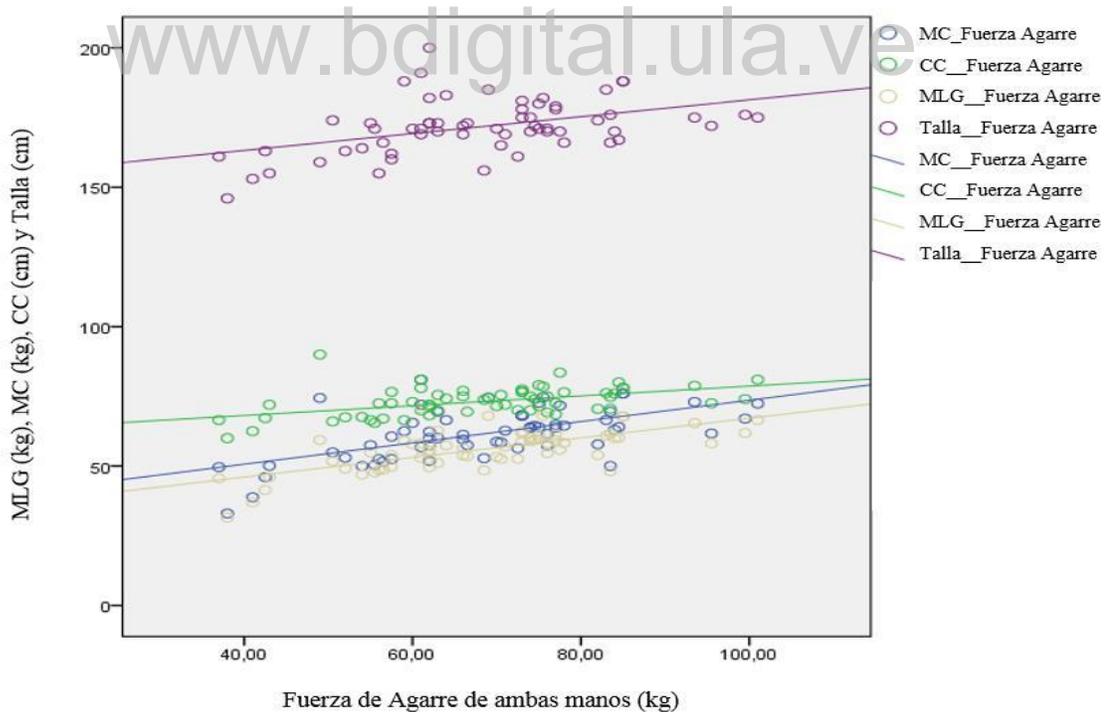


Gráfico 1. Correlación entre la fuerza de agarre de ambas manos (kg), por medio del test de dinamometría de agarre, con la masa libre de grasa (kg), la masa corporal (kg), circunferencia de la cintura (cm) y talla (cm).

Test de abdominales y test de extensiones

Las pruebas de resistencia muscular (Gráficos 2 y 3), abdominales y extensiones, mostraron una baja correlación negativa estadísticamente significativa con el % de grasa ($r = -0,26$; $p < 0,03$ [abdominales]; $r = -0,32$; $p < 0,01$ [Extensiones]) y la MG ($r = -0,25$, $p < 0,04$ [abdominales]; $r = -0,25$; $p < 0,04$ [Extensiones]).

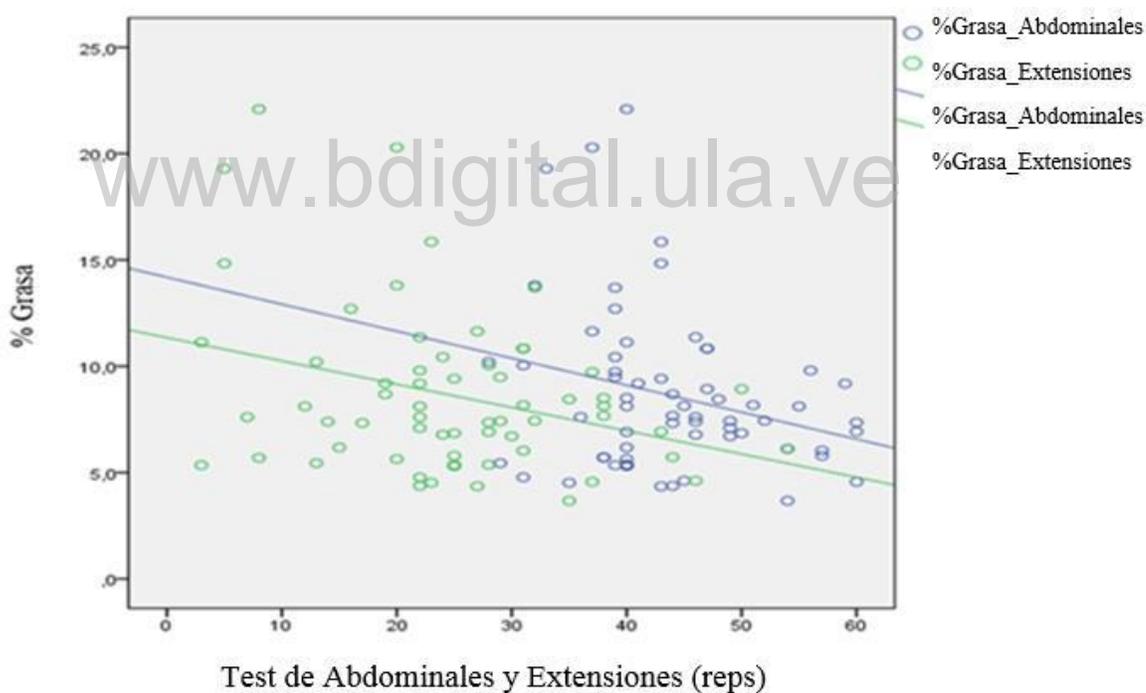
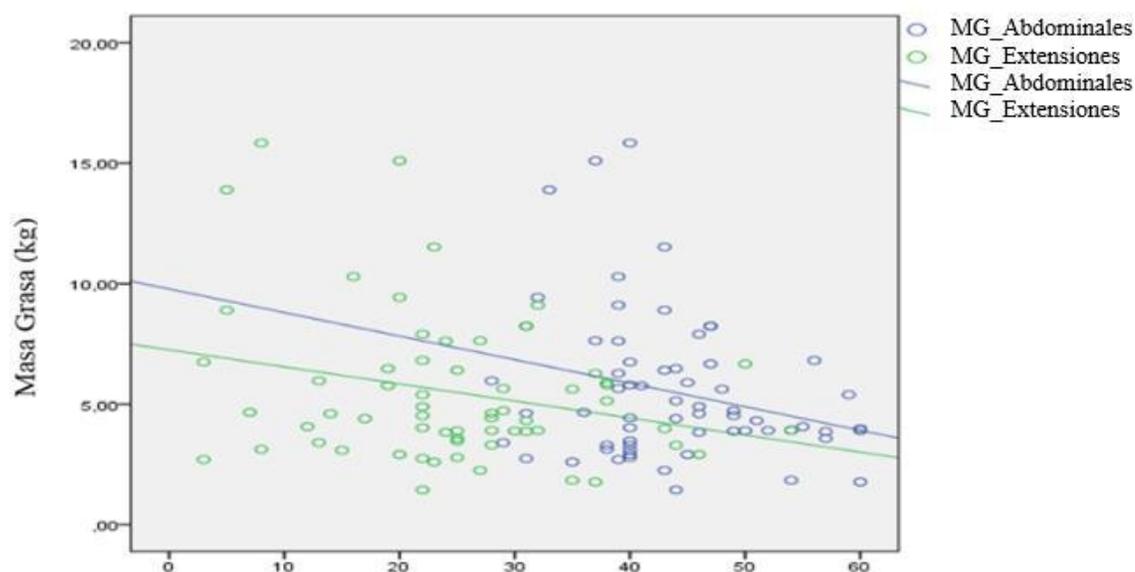


Gráfico 2. Correlación entre las abdominales (reps) y las extensiones (reps) con el % de grasa.



Test de Abdominales y Extensiones (reps)

Gráfico 3. Correlación entre las abdominales (reps) y las extensiones (reps) con la masa grasa.

Test de salto vertical

La talla mostró una correlación positiva estadísticamente significativa vertical ($r = 0,32$; $p < 0,01$), como también la MLG ($r = 0,38$; $p < 0,002$). La masa grasa mostró una correlación negativa significativa ($r = - 0,31$; $p < 0,01$). Cuando se realizó el análisis de regresión lineal múltiple; la talla perdió significancia estadística luego del ajuste, y la fuerza de correlación de las variables MLG y % de grasa aumentaron ($r = 0,53$ y $r = - 0,47$; respectivamente) (Gráfico 4).

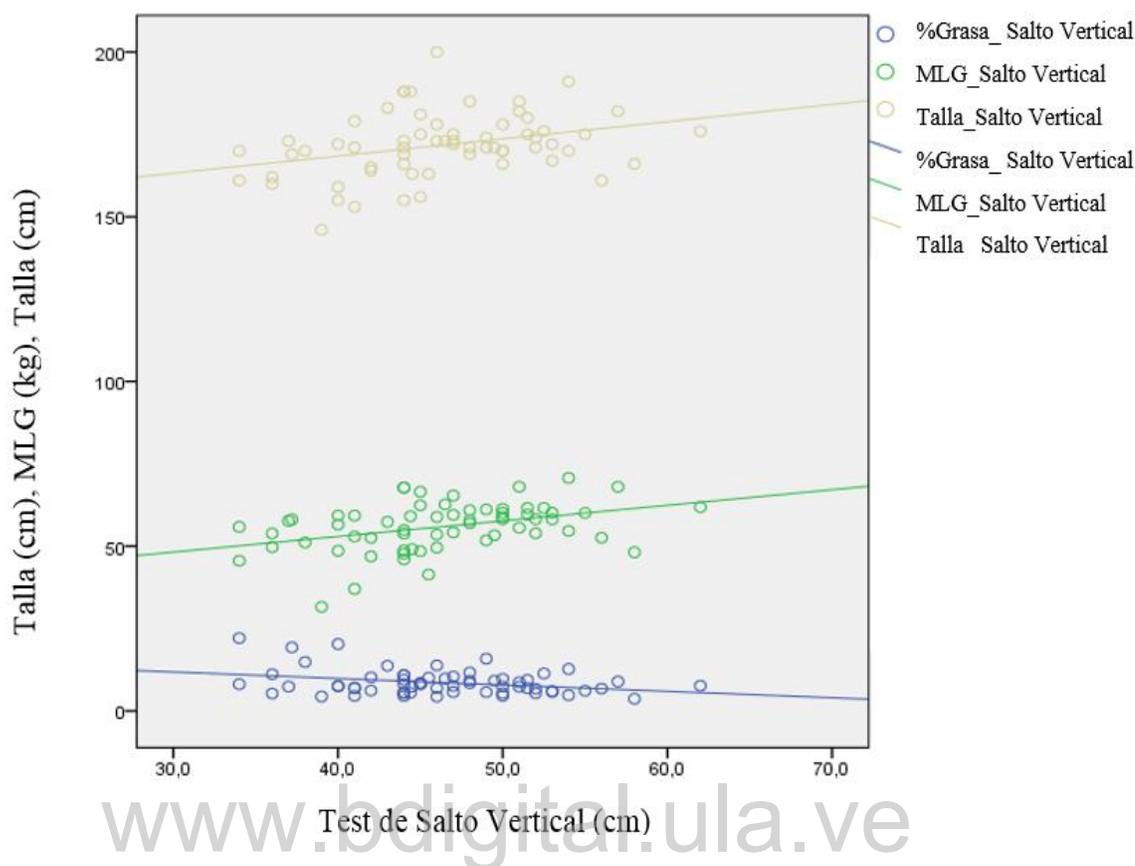


Gráfico 4. Correlación entre el test de salto vertical (cm) con la talla (cm), la masa libre de grasa (kg) y el % de grasa.

Test PWC₁₇₀ para estimar el VO₂máx

Todas las variables antropométricas evaluadas mostraron una relación negativa estadísticamente significativa con el VO₂máx (Gráfico 5). Teniendo mayor fuerza de asociación la MC ($r = - 0,66$; $p < 0,001$), la CC ($r = - 0,57$; $p < 0,001$), el % de grasa ($r = 0,53$; $p < 0,001$), la MG ($r = - 0,59$; $p < 0,001$), la MLG ($r = - 0,58$; $p < 0,001$) y menor fuerza de asociación la talla ($r = - 0,28$; $p < 0,022$). Sin embargo, al realizar el análisis de regresión lineal múltiple se observó que sólo la MC mantuvo una significancia estadística negativa con el VO₂máx, incrementando su correlación a $r = -$

0,74; $p < 0,002$. El resto de las variables no mostró significancia independientemente de la MC.

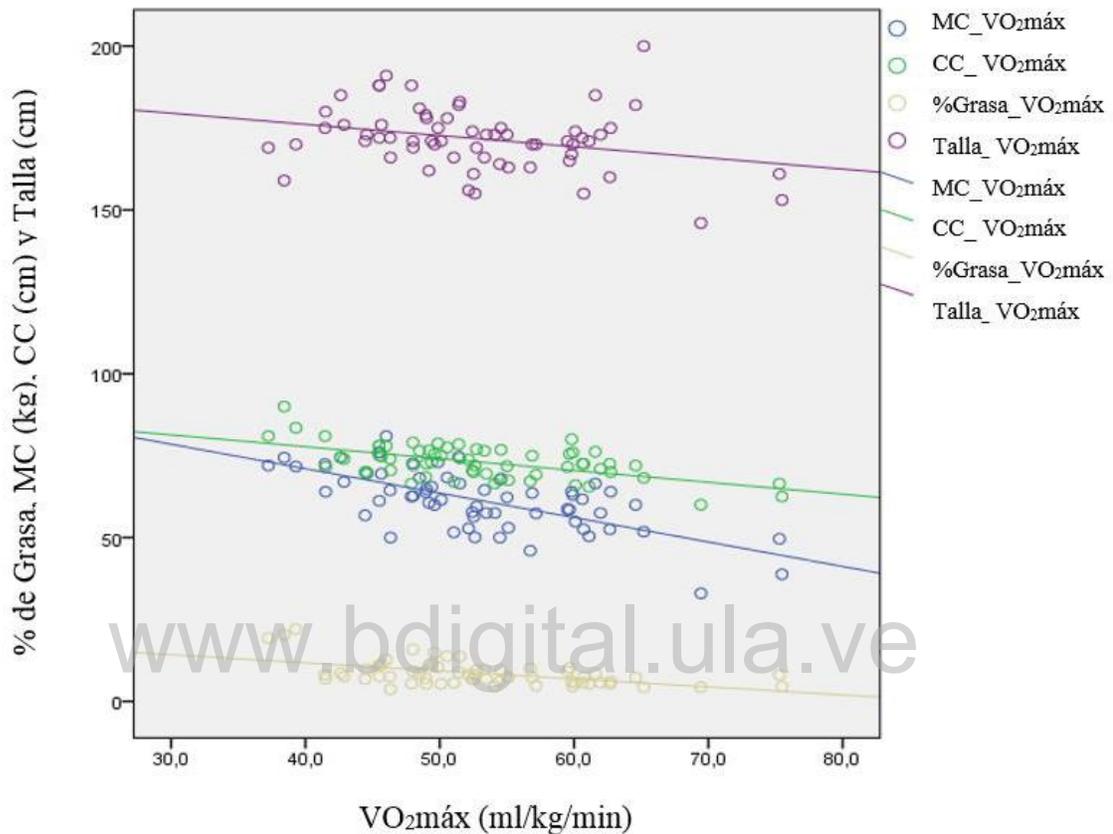


Gráfico 5. Correlación entre el $vo_2máx$ (ml/kg/min), por medio del test pwc_{170} , con el % de grasa, la masa corporal (kg), la circunferencia de la cintura (cm) y la talla (cm).

Respuestas a las Hipótesis de la Investigación

1) Tanto el porcentaje (%) de grasa, la masa grasa (MG) y la circunferencia de la cintura (CC) se correlacionan negativamente con las mediciones de rendimiento motor y no se correlacionan con la fuerza de agarre.

Respuesta: El % de grasa se correlacionó negativamente con las abdominales, las extensiones, el salto vertical y con el VO₂máx. No se correlacionó con la fuerza de agarre.

La MG se correlacionó negativamente con las abdominales y las extensiones. No se correlacionó con la fuerza de agarre, el salto vertical, ni el VO₂máx.

La CC mostró una correlación positiva con la fuerza de agarre y negativa con el VO₂máx. No se correlacionó con las demás pruebas.

2) La masa libre de grasa (MLG) se correlaciona positivamente con la fuerza de agarre, las abdominales, las extensiones, el salto vertical y el VO₂máx.

Respuesta: La MLG se correlacionó positivamente con la fuerza de agarre y el salto vertical, negativamente con el VO₂máx y no se correlacionó con las pruebas de resistencia muscular.

3) La masa corporal (MC) se correlaciona positivamente con la fuerza de agarre, negativamente con las abdominales, las extensiones, el salto vertical y el VO₂máx.

Respuesta: La MC se correlacionó positivamente con la fuerza de agarre y negativamente con el VO₂máx. No tuvo correlación con las demás pruebas.

4) La talla se correlaciona positivamente con la fuerza de agarre y el salto vertical, más no tiene relación con las demás pruebas.

Respuesta: La talla se correlacionó positivamente con la fuerza de agarre y el salto vertical, negativamente con el VO₂máx y no tuvo relación con las pruebas de resistencia muscular.

Discusión

El propósito del estudio fue determinar los efectos de variables antropométricas sobre pruebas de rendimiento físico, comunes, en disciplinas acíclicas. En general, los

hallazgos advierten una asociación entre las características antropométricas y las pruebas de rendimiento.

Los resultados de la *fuerza de agarre* revelaron correlaciones positivas con la talla, la MC, la CC y la MLG; la correlación hallada con la talla y la MC, ha sido recurrente en otros estudios (Chatterjee y Chowdhuri, 1991; Koley y Kaur, 2011; Liao, 2016; Luna-Heredia et al, 2005; Tajica et al., 2015). Igualmente, como se evidenció en el estudio de Miyatake et al. (2012), el % de grasa y la MG no mostraron correlación con la fuerza de agarre, aunque otro estudio ha mostrado correlación con la MG (Tajica et al., 2015). Otras investigaciones no hallaron correlación entre la CC y la fuerza de agarre (Miyatake et al., 2012; Fogelholm et al., 2006), no obstante, en el presente estudio la CC se correlacionó positivamente con la fuerza de agarre, lo que supondría que al aumentar la grasa abdominal aumentaría la fuerza de agarre, sin embargo, el aumento del perímetro de la cintura, aunque denota principalmente un aumento en la grasa abdominal, también presume un aumento en la MC y la MLG, lo que podría explicar tal asociación (Fogelholm et al., 2006). Esto se puede deducir en base a qué, cómo se observó en el estudio de Tajica et al. (2015), luego de realizar el análisis de regresión lineal múltiple, la MLG fue la única variable antropométrica que mantuvo e incrementó la significancia estadística y la correlación con la fuerza de agarre, lo cual indica que es el factor antropométrico más relevante para la fuerza de agarre.

Si bien, otras variables antropométricas relacionadas a las extremidades superiores se han asociado con la fuerza de agarre, como la circunferencia y longitud del antebrazo, la circunferencia del brazo, la amplitud y longitud de la mano (Günther, Bürger, Rickert, Crispin y Schulz, 2008; Koley y Singh, 2009), todas ellas tienen relación con la MLG, por ejemplo; una mayor circunferencia o longitud del brazo o antebrazo indica una mayor MLG. De igual modo, la MLG ha sido asociada con las pruebas de fuerza máxima dinámicas y estáticas (Brechue y Abe, 2002; Vaara et al., 2012).

Las pruebas de *resistencia muscular*, las abdominales y las extensiones, se correlacionaron negativamente y débilmente con el % de grasa y la MG, más no

tuvieron asociación con la MLG. En el estudio de Dawes et al. (2016), el % de grasa se asoció negativamente con las extensiones y aunque con las abdominales no se mostró la significancia estadística (pues se estableció a un nivel de $p \leq .001$), se mostró una baja correlación negativa; asimismo la MG se correlacionó negativamente con las pruebas, aunque no se mostró la significancia estadística; en el mismo estudio la MLG se correlacionó positivamente con las extensiones, al contrario, las abdominales mostraron una correlación negativa, aunque no se mostró la significancia. Además del % de grasa, en el estudio de Vaara et al. (2012), la MC se correlacionó negativamente (débilmente) con las pruebas de resistencia muscular y la MLG positivamente. En conformidad con las investigaciones mencionadas, la MG tuvo una baja asociación con las pruebas de resistencia y pese a que la CC no mostro correlación con ninguna, se ha reportado que el aumento de la grasa abdominal, influye negativamente en las abdominales y en menor grado en las extensiones (Dawes et al., 2016), lo que posiblemente se deba al incremento en la inercia debido a una mayor masa del tronco, en especial en la zona abdominal, pero también la CC se ha relacionado inversamente con las extensiones (Fogelholm et al., 2006). La baja correlación de las variables antropométricas con las pruebas de resistencia sugieren que otros aspectos (ej., neuromusculares), como la fuerza máxima dinámica, pueden ser más relevantes para la resistencia muscular (Stone et al., 2006).

El *salto vertical* mostró correlación con la talla, la MLG y el % de grasa; resultados similares se han reportado en diversas investigaciones en cuanto a la talla (Aouadi et al., 2012; Lago-Peñas, et al., 2011; Wong, et al., 2009), la MLG (Dawes et al., 2016) y el % de grasa (Abidin y Adam, 2013; Dawes et al., 2016; Silvestre et al., 2006; Stuempfle et al., 2003;). Sin embargo, luego de realizar el ajuste de regresión lineal múltiple, la talla perdió significancia estadística y tanto la MLG como el % de grasa aumentaron la fuerza de correlación, por lo que sugieren ser las variables antropométricas más importantes para el salto vertical.

El peso corporal no mostró significancia estadística, contrario a lo reportado en otras investigaciones que han mostrado una correlación inversa (Fattahi, et al., 2012; Moncef, et al., 2012; Silvestre et al., 2006; Stuempfle et al., 2003). El concepto de

que un atleta más pesado salte menos que uno más delgado parece tener sentido, debido al incremento en la dificultad para mover más masa en contra de la fuerza de gravedad, con lo cual los atletas más pesados necesitaran realizar un mayor esfuerzo para mover el cuerpo la misma distancia alcanzada por los atletas más ligeros (Abidin y Adam; 2013; Silvestre et al., 2006), sin embargo, otros estudios tampoco han mostrado correlación con el peso corporal (Abidin y Adam; 2013; Davis et al., 2003; Davis et al., 2004). La observación de que en atletas jóvenes de entre 12 a 19 años una mayor talla y MC se halla asociado con los mejores resultados en el salto vertical (Gil et al., 2007; Lago-Peñas et al., 2011; Malina, Eisenmann, Cumming, Ribeiro y Aroso, 2004; Torres-Unda et al., 2013), puede sugerir que se amerita cierto nivel de madurez física (ej., aumento de la estatura y el peso corporal) para conseguir saltar más salto y que aumentar la MC a partir de cierto rango, puede ser contraproducente, esto puede ser similar a lo hallado en otro estudio (McLeod, Hunter y Etchison, 1983) en el cual se observó que los resultados promedios en diversos test de rendimiento motor (incluyendo el salto vertical) tienden a ser inferiores a medida que el % de grasa aumenta sobre el 10%. En el presente estudio el valor medio del peso corporal fue de $61,4 \pm 1,15$ kg, un valor inferior a los que se han reportado en varios estudios en los que observaron una relación inversa entre el peso y el salto vertical, por ejemplo; $86,6 \pm 10,9$ Kg (Stuempfle et al., 2003), $77,5 \pm 9,2$ kg (Silvestre et al., 2006) y $82,78 \pm 13,32$ kg (Moncef et al., 2012).

Por otro lado, la MLG ha mostrado correlaciones positivas (Dawes et al., 2016) y negativas (no significativas) (Silvestre et al., 2006; Stuempfle et al., 2003), y también no se ha correlacionado con el salto vertical (Moncef, et al., 2012). Una razón plausible de la asociación observada en el presente estudio, es que la naturaleza del salto vertical exige elevar toda la MC, para lo cual se requiere de la fuerza muscular representada, en parte, en la MLG, por lo que el tejido magro representa en gran medida a la masa muscular, en consecuencia, al aumentar la MLG se contará con más sarcómeros que posibilitan la formación de un mayor número de puentes cruzados que permiten generar más potencia y además exceder la dificultad añadida de elevar una mayor cantidad de MLG, es decir; se produce una mayor contractilidad muscular

o una mayor producción de potencia de las extremidades inferiores (Dawes et al., 2016; Fattahi et al., 2012).

La MG no mostró significancia estadística aunque mostró una correlación negativa. En otros estudios se ha correlacionado negativamente (Dawes et al., 2016; Stuempfle et al., 2003) aunque también se ha visto lo contrario (Silvestre et al., 2006). Se ha sugerido que la MG constituye una “masa muerta” que disminuye el potencial del salto vertical, pues añade más dificultad para elevar el cuerpo o dicho de otra forma; más grasa conlleva a sobrellevar más peso, que requiere de mayores fuerzas para superar la fuerza de la gravedad (Abidin y Adam; 2013; Dawes et al., 2016; Fattahi et al., 2012; Moncef et al., 2012). Además, se ha observado que la MG disminuye su correlación si se remueve estadísticamente la influencia de la MC (Stuempfle et al. 2003). Por otra parte, la CC no mostró correlación con el salto vertical, al contrario de lo reportado en el estudio de Fogelholm et al., (2006) en el cual hombres no atletas mostraron una correlación negativa.

A parte de los factores antropométricos asociados en el presente estudio con el salto vertical, también otros han mostrado tener asociación, como la longitud de la extremidad inferior y de la pierna, el perímetro de la pantorrilla y del muslo y la longitud del pie (Aouadi et al., 2011; Fattahi et al., 2012), además, factores como los tipos de fibras musculares, el patrón de la distribución de la grasa, factores metabólicos, fisiológicos y psicológicos parecen contribuir al rendimiento en el salto vertical (Silvestre et al., 2006; Fattahi et al., 2012).

El valor medio del salto vertical alcanzado en el presente estudio ($46,3 \pm 0,76$ cm), fue superior al reportado por Moncef, et al. (2012) en balonmano ($34,16 \pm 4,47$ cm), pero inferior a los reportados por Stempfle et al. (2003) en fútbol americano ($59,1 \pm 9,0$ cm), Silvestre et al (2004) en fútbol ($61,6 \pm 7,1$ cm) y Abidin y Adam (2013) en artes marciales ($62,93 \pm 7,34$ cm).

Todas las variables antropométricas medidas mostraron una correlación negativa con el $VO_{2máx}$, la MC, la CC, el % de grasa, la MLG y con menor fuerza de asociación la talla, pero luego del análisis de regresión lineal múltiple, la MC incrementó su fuerza de correlación, a diferencia del resto de las variables

antropométricas que no mostraron significancia estadística independiente de la MC, lo cual indica que es la variable antropométrica más importante que influye en el VO_2 máx. En general, el % de grasa (Dawes et al, 2016; Silvestre et al., 2006; Sharma et al, 2016; Watanabe et al, 1994;), la MG (Dawes et al., 2016; Moncef et al., 2012; Silvestre et al., 2006) y la CC (Dagan et al., 2013; Fogelholm et al., 2006) se han asociado negativamente con el VO_2 máx. La MLG también se asoció negativamente con el VO_2 máx, al igual que en otros estudios (Dawes et al, 2016; Moncef et al., 2012), lo que significa que contar con una mayor cantidad de MLG (ej., tener más masa muscular) afecta negativamente el rendimiento aeróbico en deportes acíclicos; de manera que el VO_2 max relativo se correlaciona negativamente tanto con la MLG como con la MG.

La correlación con el % de grasa indica que ésta tiene efectos negativos sobre la capacidad aeróbica, con lo cual el exceso de grasa corporal acentúa la intolerancia al ejercicio y es notorio que las personas con sobrepeso muestran un bajo VO_2 max relativo (Goran et al, 2000; Watanabe et al, 1994). Se ha señalado (Chatterjee, Chatterjee y Bandyopadhyay, 2005) que la MG parece ejercer una carga excesiva desfavorable sobre la función cardiovascular, en particular durante el ejercicio exhaustivo, cuando la musculatura que trabaja falla en captar una suficiente cantidad de oxígeno debido a una alta deposición de MG, lo que puede indicar que la captación reducida de oxígeno por el tejido adiposo durante el ejercicio, reduce en general el VO_2 máx, en otros términos; durante el ejercicio exhaustivo, el exceso de grasa corporal (carga no contribuyente al ejercicio) deteriora la función cardiorrespiratoria y reduce la eficiencia mecánica para una carga de trabajo dada (Dempsy, Reddon, Balke y Rankin; 1966). Por lo tanto, el exceso de grasa corporal no contribuye al trabajo realizado, lo que incrementa la dificultad de realizar ejercicios que requieran soportar el peso corporal y asimismo, una mayor cantidad de MLG requiere sobrellevar más peso corporal, aunque una porción de ella se utilice para el trabajo muscular. De manera que cómo la capacidad aeróbica es dependiente del peso, un individuo con mayor peso requerirá de una mayor proporción de su

capacidad aeróbica para realizar actividades físicas que requieran soportar el peso corporal (Goran et al, 2000).

El resultado del valor medio del VO_2 máx del presente estudio ($52,8 \pm 1,03$ ml/kg/min) fue menor al presentado por Silvestre et al. (2004) en atletas de fútbol ($59,4 \pm 4,2$ ml/kg/min), pero mayor al presentado por Moncef, et al., (2012) en atletas de balonmano ($50,45 \pm 3,81$ ml/kg/min), lo que indica que son valores ligeramente superiores a otros reportados (Amani, Somchit, Konting y Kok, 2010) en adultos jóvenes sedentarios ($46,1 \pm 9,1$ ml/kg/min) y que son inferiores a los atletas de alto nivel en eventos de resistencia (70-85 ml/kg/min) (Joyner, Ruiz y Lucia, 1985).

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente estudio se evidenció que en los deportes acíclicos, en específico en el fútbol, baloncesto, escalada y polo acuático:

La MLG es la medida antropométrica más importante para la fuerza de agarre.

La MLG y el % de grasa tienen la mayor influencia antropométrica sobre el salto vertical.

El % de grasa y la MG tienen una baja incidencia en las pruebas de resistencia muscular (abdominales y las extensiones).

La MC es la variable antropométrica con mayor impacto sobre el VO_2 máx.

La investigación sostiene que el aumento del % de grasa corporal afecta negativamente el rendimiento motor en todas las pruebas, salvo en la dinamometría de agarre. La MG tuvo una baja incidencia en las pruebas de resistencia muscular y alta en el VO_2 máx, más no se asoció con la fuerza de agarre y aunque mostró una correlación negativa con el salto vertical, no fue significativa. La CC mostró una asociación positiva con la fuerza de agarre, negativa con el VO_2 máx y no se asoció a las demás pruebas. En vista de lo cual la mayor importancia observada en relación a éstas medidas relativas a la grasa corporal, giró en torno al desempeño en la capacidad aeróbica.

La MLG tuvo una influencia positiva para la fuerza de agarre y el salto vertical, más no para las pruebas de resistencia muscular y al mismo tiempo mostró una relación negativa con el VO_2 máx. Por consiguiente, un atleta que presente en su composición corporal un bajo % de grasa y una MLG alta, parece ser la mejor combinación para conseguir los mejores resultados en las pruebas de rendimiento motor (Dawes et al., 2016; Lago-Peñas et al., 2011); puesto que aunque una MLG alta parece afectar negativamente la capacidad aeróbica, ésta no es la principal

variable del rendimiento atlético en los deportes acíclicos (ej., anaeróbicos), sin embargo, la potencia (influenciada por la MLG) es determinante (Arnason et al., 2004; Lorenz et al, 2013).

Por lo que se recomienda:

A los entrenadores, considerar aquellas variables antropométricas que influyen en las pruebas de rendimiento motor en los deportes acíclicos, con el fin de asesorar a los atletas (ej., ventajas, desventajas, formular planes de entrenamiento adaptados) o como soporte científico para las pruebas de captación de talentos deportivos.

Si se amerita que los atletas aumenten la fuerza muscular, diseñar un entrenamiento que haga énfasis en el incremento de la MLG y ello acorde con un plan nutricional.

Si se requiere mejorar el desempeño en el salto vertical o en destrezas que ameriten movimientos explosivos, realizar un plan de entrenamiento para incrementar la MLG y reducir la MG, asimismo, implementar un plan nutricional ajustado para conseguir ambos objetivos.

Si el objetivo de un atleta es mejorar la capacidad aeróbica y/o la resistencia muscular, procurar disminuir la MG o el % de grasa y la CC, además de mantener la MLG, ya que no es conveniente disminuir ésta variable en los deportes acíclicos.

Realizar el análisis de las necesidades del atleta y del deporte, a fin de determinar la pertinencia de las recomendaciones mencionadas, pues, por ejemplo, enfatizar la disminución del % de grasa puede ser más importante en atletas con altos niveles de grasa corporal, pero en aquellos con bajos niveles, aumentar la MLG es más relevante.

REFERENCIAS

- Abidin, N. Z. y Adam, M. B. (2013). Prediction of vertical jump height from anthropometric factors in male and female martial arts athletes. *Malays J Med Sci*, 20(1): 39-45.
- Amani, A. R., Somchit, M. N, Konting, M.M.B., y Kok, L. Y. (2010). Relationship between body fat percent and maximal oxygen uptake among young adults. *Journal of American Science*, 6(4): 1-4.
- American College of Sports Medicine (2013). *ACSM'S Guidelines for exercise testing and prescription (9th.ed.)*. Philadelphia: Wolters Kluwer, Lippincott Williams & Wilkins.
- American College of Sports Medicine (2014). *Manual ACSM para la valoración del fitness relacionado con la salud (4^a.ed.)*. Barcelona, España: Wolters Kluwer, Lippincott Williams & Wilkins.
- Anning, J. H. (2012). Aerobic power. En Miller, T. (editor). *NSCA's guide to test and assessments*. (pp. 217- 252). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Anup, A., Nahida, P., Islam, R. N., y Kitab, A. (2014) Importance of Anthropometric Characteristics in Athletic Performance from the Perspective of Bangladeshi National Level Athletes' Performance and Body Type. *American Journal of Sports Science and Medicine*, 2(4): 123-127. DOI: 10.12691/ajssm-2-4-1
- Aouadi, R., Jlid, M. C., Khelifa, R., Hermassi, S., Chelly, M. S., Van Den Tillaar, R. y Gabbett, T. (2012). Association of anthropometric qualities with vertical jump performance in elite male volleyball players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 52(1): 11-17.
- Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L., Bahr, R. (2004). Physical fitness, injuries, and team performance in soccer. *Med Sci Sports Exerc*, 36(2): 278-285.

- Aslan, C. S., Koc, H., Aslan, M. y Ozer, U. (2011). The effect of height on the anaerobic power of sub-elite athletes. *World Applied Sciences Journal*, 12(2): 208-211.
- Bandyopadhyay, A., y Chatterjee, S. (2003). Body composition, morphological characteristics and their relationship with cardiorespiratory fitness. *Ergonomics*, 15: 19-27.
- Barbero, J. C. (2011). Valoración y control del rendimiento en los deportes de equipo. En Naclerio, F. (editor). *Entrenamiento deportivo: Fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes* (pp. 229-250). Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.
- Benedetti, A. C. (2011). Entrenamiento de resistencia para deportes de conjunto. En Naclerio, F. (editor). *Entrenamiento deportivo: Fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes* (pp. 229-250). Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.
- Berg, K. E., y Latin, R. W. (2004). *Essentials of research methods in health, physical education, exercise science, and recreation* (2nd ed.). Philadelphia: Wolters Kluwer, Lippincott Williams & Wilkins.
- Bohannon, R. W. (2008). Is it legitimate to characterize muscle strength using a limited number of measures?. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1): 166-173.
- Bompa, T.O. y Haff, G. G. (2009). *Periodization: Theory and methodology of training* (5th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Brechue, W. F., y Abe, T. (2002). The role of FFM accumulation and skeletal muscle architecture and powerlifting performance. *Eur J Appl Physiol*. 86(4): 237-336.
- Carter, J. E. (1985). Morphological factors limiting human performance. *National Academy of Kinesiology, Academy Papers*, No. 18 1985.
- Caspersen, C. J., Powell, K. E. y Christenson, G. M (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep*, 100 (2): 126-131.

- Chatterjee, S. y Chowdhuri, B. J. (1991). Comparison of grip strength and isometric endurance between the right and left hands of men and their relationship with age and other physical parameters. *Journal of Human Ergology*, 20(1): 41-50.
- Chatterjee, S., Chatterjee, P., y Bandyopadhyay, A. (2005). Cardiorespiratory fitness of obese boys. *Indian J Physiol Pharmacol*, 49(3): 353-357.
- Cronin, j., y Sleivert, G. (2005). Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. *Sports Medicine*, 35(3): 213-234.
- Dagan, S. S., Segev, S., Novikov, L. y Dankner, R. (2013). Waist circumference vs body mass index in association with cardiorespiratory fitness in healthy men and women: a cross sectional analysis of 403 subjects. *Nutrition Journal*, 12:12. doi: 10.1186/1475-2891-12-12.
- Davis, D. S., Briscoe, A. A., Markowski, C. T., Saville, S. E., y Taylor, C. (2003). Physical characteristics that predict vertical jump performance in recreational male athletes. *Physical Therapy in Sport*, 4(4): 167-174.
- Davis, D. S., Barnette, B. J., Kiger, J. T., Mirasola, J.J. y Young, S. M. (2004). Physical characteristics that predict functional performance in division I college football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(1): 115-120.
- Dawes, J.J., Orr, R.M., Siekaniec, C. L., Vanderwoude, A. A. y Pope, R. (2016). Association between anthropometric characteristics and physical performance in male law enforcement officers: a retrospective cohort study. *Ann Occup Environ Med*, 2016; 28: 26. PMC4901472.
- Dempsey, J. A., Reddon, W., Balke, B., y Rankin, J. (1966). Work capacity determinants and physiologic cost of weight supported work in obesity. *J Appl Physiol*, 21(6): 1815-1820.
- Fattahi, A., Ameli, M., Sadeghi, H. y Mahmoodi, B. (2012). Relationship between anthropometric parameters with vertical jump in male elite volleyball players due to game's position. *Journal of Human Sport and Exercise*, 7(3): 714-726.
- Fogelholm, M., Malmberg, J., Suni, J., Santtila, M., Kyrolainen, H. y Mantysaari, M. (2006). Waist circumference and BMI are independently associated with the

- variation of cardio-respiratory and neuromuscular fitness in young adult men. *International Journal of Obesity*, 30: 962-969.
- Fry, A.C., Ciroslan, D., Fry, M.D., LeRoux, C.D., Schilling, B.K., Chiu, L.Z. (2006). Anthropometric and performance variables discriminating elite American junior men weightlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4): 861-866.
- Gil, S., Ruiz, F., Irazusta, A., Gil, J. y Irazusta, J. (2007). Selection of young soccer players in terms of anthropometric and physiological factors. *J Sports Med Phys Fitness*, 47(1): 25-32.
- Goran, M., Fields, D. A., Hunter, G. R., Herd, S. L. y Weinsier, R. L. (2000). Total body fat does not influence maximal aerobic capacity. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 24(7): 841-848.
- Günther, C. M, Bürger, A., Rickert, M., Crispin, A., Schulz, C.U. (2008). Grip strength in healthy caucasian adults: reference values. *J Hand Surg Am*, 33(4):558-65.
- Harman, E. Garhammer, J. y Pandorf, C. (2007). Administración, puntuación e interpretación de algunas de las pruebas más utilizadas. En Baechle, T. y Earle, R. W. (editores). *National Strength and Conditioning Association: Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico (2ª.ed.)* (pp. 287- 317). Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.
- Harman, E. y Pandorf, C. (2007). Principios para la selección y administración de pruebas de valoración. En Baechle, T. y Earle, R. W. (editores). *National Strength and Conditioning Association: Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico (2ª.ed.)* (pp. 275-286). Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.
- Heyward, V. H. (2008). *Evaluación de la aptitud física y prescripción del ejercicio (5ª.Ed.)*. Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.
- Hoffman, J. R. (2012). Athlete testing and program evaluation. En Hoffman, J.R. (editor). *NSCA's guide to program design* (pp. 23-50). Champaign, IL: Human Kinetics.

- Janssen, I., Katzmarzyk, P.T., y Ross, R. (2004). Waist circumference and not body mass index explain obesity-related health risk. *American Journal of clinical Nutrition*, 79(3): 379-384.
- Joyner, M. J., Ruiz, J. R., y Lucia, A. (1985). The two-hour marathon: who and when?. *J Appl Physiol*, 110(1): 275-7.
- Karman, V.L. (1989). *Medicina deportiva*. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Kraemer, W.J, Fleck, S.J. y Deschenes, M. R. (2012). *Exercise physiology: Integrating theory and application*. Philadelphia: Wolters Kluwer, Lippincott Williams & Wilkins.
- Koley, S. y Singh, A. P. (2009). An association of dominant hand grip strength with some anthropometric and body composition variables in Indian collegiate population. *Anthropologischer Anzeiger*, 67(1): 21-28.
- Koley, S. y Kaur, P. S. (2011), Correlations of Handgrip Strength with Selected Hand-Arm-Anthropometric Variables in Indian Inter-university Female Volleyball Players. *Asian J Sports Med*, 2(4): 220-226.
- Knuttgen, H.G., & Kraemer, W.J. (1987). Terminology and measurement in exercise performance. *Journal of Applied Sports Science Research*, 1 (1), 1-10.
- Lago-Peñas, C., Casais, L., Dellal, A., Rey, E. y Dominquez, E. (2011). Anthropometric and physiological characteristics of young soccer players according to their playing positions: relevance for competition success. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(12): 3358-3367.
- Liao, K. H. (2016). Hand Grip Strength in Low, Medium, and High Body Mass Index Males and Females. *Middle East Journal of Rehabilitation and Health*, 3(1): e53229, DOI: 10.17795/mejrh-33860
- Lorenz, D. S., Reiman, M. P., Lehecka, B. J., Naylor, A. (2013). What Performance Characteristics Determine Elite Versus Nonelite Athletes in the Same Sport?. *Sports Health*, 5(6): 542-547. doi: 10.1177/1941738113479763.
- Luna-Heredia, E., Martín-Peña, G. y Ruíz-Galiana, J. (2005). Handgrip dynamometry in healthy adults. *Clinical Nutrition*, 24(2): 250-258.

- Malina, R.M., Eisenmann, J.C., Cumming, S.P., Ribeiro, B., y Aroso, J. (2004). Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13-15 years. *Eur J Appl Physiol*, 91(5-6): 555-562.
- McArdle, W.D., Katch, F. I. y Katch, V. L. (2007). *Exercise physiology: Energy, nutrition, & human performance (6th ed.)*. Philadelphia: Wolters Kluwer, Lippincott Williams & Wilkins.
- McLeod, W.D., Hunter, S. C., y Etchison, B. (1983). Performance measurements and body fat in the high school athlete. *Am J Sports Med*. 11(6): 390-397.
- Miyatake, N., Miyachi, M., Tabata, I., Sakano, N., Hirao, T. y Numata, T. (2012) Relationship between muscle strength and anthropometric, body composition parameters in Japanese adolescents. *Scientific Research*, 4(1):1-5. DOI: 10.4236/health.2012.41001.
- Moir, G. L. (2012). Muscular endurance. En Miller, T. (editor). *NSCA's Guide to test and assessments* (pp. 193-216). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Moncef, C., Said, M., Olfa, N. y Dagbaji, G. (2012). Influence of morphological characteristics on physiological performances of Tunisian elite male handball players. *Asian J Sports Med*, 3(2): 74-80.
- Peterson, M.D. (2012). Power. En Miller, T. (editor). *NSCA's Guide to test and assessments* (pp. 217-252). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Plowman, S. A. y Smith. D. L (2011). *Exercise physiology for health, fitness, and performance (3rd.ed.)*. Philadelphia: Wolters Kluwer, Lippincott Williams & Wilkins.
- Ratamess, N. A. (2012). Body composition. En Miller, T. (editor). *NSCA's Guide to test and assessments* (pp. 15-42) Champaign, IL: Human Kinetics.
- Reynolds, J.M., Gordon, T.J., y Robergs, R.A. (2006). Prediction of one repetition maximum strength from multiple repetition maximum testing and anthropometry. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3): 584-592.
- Rhea, M. R. y Peterson, M. D. (2012). Test, data analysis, and conclusions. En Miller, T. (editor). *NSCA's Guide to test and assessments* (pp. 1-14) Champaign, IL: Human Kinetics.

- Sharma, M., Kamal, R.B. y Chawla, K. (2016). Correlation of body composition to aerobic capacity; A cross sectional study. *International Journal of Applied Research*, 2(1): 38-42.
- Silvestre, R., West, C., Maresh, C. M. y Kraemer, W. J. (2006). Body composition and physical performance in men´s soccer: a study of a national collegiate athletic association division I team. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1): 177-183.
- Stuempfle, K. J., Katch, F. y Petrie, D. F. (2003). Body composition relates poorly to performance test in NCAA division III football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(2): 238-244.
- Stone, M. H., Stone, M. E., Sands, W. A., Pierce, K. C., Newton, R. U., Haff, G. G. y Carlock, J. (2006). Maximum strength and strength training---a relationship to endurance?. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(3): 44-53.
- Sporis, G., Jukic, I., Ostojicy, S.M.,y Milanovic, D. (2009). Fitness profiling in soccer: physical characteristics of elite players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7): 1947-1953.
- Tajica, T., Kobayashi, T., Yamamoto, A., Shitara, H., Ichinose, T., Shimoyama, D., Okura, C., Kanasawa, S., Nagai, A. y Takagishi, K. (2015). Relationship Between Grip, Pinch Strengths and Anthropometric Variables, Types of Pitch Throwing Among Japanese High School Baseball Pitchers. *Asian Journal of Sports Med*, 6(1): e25330. doi: 10.5812/asjism.25330
- Thomas, J. R., Nelson, J. K., y Silverman, S. J. (2005). *Research methods in physical activity (5th ed.)*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Torres-Unda, J., Zarrazquin, I., Gil, J., Ruiz, F., Irazusta, A., Kortajarena. M., Seco, J., Irazusta, J. (2013). Anthropometric, physiological and maturational characteristics in selected elite and non-elite male adolescent basketball players. *J Sports Sci*, 31(2): 196-203.
- Trosclair, D., Bellar, D., Judge, D., Smith, J., Mazerat, N., Brignac, A. (2011). Hand-grip strength as a predictor of muscular strength and endurance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25: 95-122.

- Vaara, J.P., Kyröläinen, H., Niemi, J., Ohrankämnen, O., Häkkinen, A., Kocay, S. y Häkkinen, K. (2012). Associations of maximal strength and muscular endurance test scores with cardiorespiratory fitness and body composition. *Journal of strength and Conditioning Research*, 26(8): 2078-2086.
- Watanabe, K., Nakadomo, F. y Maeda, K. (1994). Relationship between body composition and cardiorespiratory fitness in Japanese junior high school boys and girls. *Ann Physiol Anthropol*, 13(4): 167-174.
- Wilber, R. (2012). Physiology of endurance sport training. En Reuter, B. (editor). *Developing endurance* (pp. 1-26). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Wong, P. L., Chamari, K., Dellal, A. y Wisloff, U. (2009). Relationship between anthropometric and physiological characteristics in youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(4); 1204-1210.

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

ANEXOS

ANEXO A

Universidad de los Andes
Facultad de Humanidades y Educación
Consejo de Estudios de Postgrado
Estudios de Postgrado en Educación Física
Mención Teoría y Metodología del Entrenamiento Deportivo

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Invitación a Participar:

Se le invita a participar en el estudio sobre los Efectos Antropométricos en el Rendimiento Motor, cuyo propósito es determinar las variables antropométricas que influyen en el rendimiento motor en diversas pruebas físicas en deportes acíclicos que se utilizan para valorar la aptitud física, en específico la resistencia cardiorrespiratoria, la fuerza, resistencia y la potencia muscular.

Requisitos Para la Participación:

Practicar algún deporte rutinariamente. Tener entre 15 y 30 años. Encontrarse al momento del estudio en buen estado de salud, es decir; sin alguna enfermedad (respiratoria) o lesión musculoesquelética.

Procedimiento:

En el laboratorio de Fisiología del Ejercicio se le tomarán las siguientes medidas antropométricas: talla, peso, circunferencia abdominal, pliegues dérmicos.

La toma de las medidas antropométricas requiere el uso de ropa ligera: La talla y el peso se realizará sin zapatos. Para medir la circunferencia abdominal se solicitará descubrir la zona abdominal y la espalda baja. Para tomar las mediciones de

los pliegues dérmicos deben removerse su camiseta y descubrir el muslo. Luego se realizarán cuatro pruebas físicas:

1) Test de Fuerza de agarre: con un dinamómetro de agarre y sentado se realizarán 3 intentos por cada mano, registrándose el mayor resultado.

2) Test de Potencia: se le solicitará colocarse cerca de una pared para tomar la primera medida con su brazo derecho elevado lateralmente y con la mano lo más alto posible, manteniendo los pies en el suelo. Luego de registrar la distancia se procede a realizar un salto con ambos pies a fin de tocar la pared lo más alto posible. Se realizarán tres intentos.

3) Test de Resistencia: se le solicitará realizar dos pruebas, la primera consiste en la realización del ejercicio de extensiones (lagartijas) que implica realizar extensiones de codos comenzando desde el suelo, con el torso recto todo el tiempo y bajando hasta que los codos al menos lleguen a 90 grados, se realizarán todas las repeticiones posibles en un minuto. La segunda consiste en la realización de ejercicios abdominales sobre una colchoneta, que comienza recostado con los brazos cruzados, las manos tocando los hombros y las rodillas flexionadas (un ayudante sostendrá sus tobillos), cada repetición es un movimiento completo de subir el cuerpo hasta que los codos toquen las rodillas y bajar hasta que la espalda superior toque la colchoneta, se realizarán todas las repeticiones posibles por un minuto.

4) Test PWC₁₇₀: realizado en una bicicleta estática (ergométrica), la cual exige pedalear por 10 min divididos en dos tramos de 5min que están separados por un intervalo de descanso de 3 minutos. La prueba demanda un esfuerzo considerable de su parte, sobretodo en el segundo tramo en el cual se pretende elevar la frecuencia cardíaca a cerca de 170 latidos por minuto.

Riesgos Potenciales e Incomodidades:

Aunque es poco frecuente, sobretodo en personas jóvenes que practican algún deporte, durante el estudio los posibles riesgos incluyen (aunque no limitados) en la prueba PWC₁₇₀: mareos, falta de aliento, dolor muscular, ritmo cardíaco y presión arterial anormal. Aunque es muy poco frecuente en los test de fuerza y potencia hay posibles riesgos de presentar: dolor muscular de inicio tardío, lesión muscular.

En Caso de Lesión:

Ninguna compensación se dará para el cuidado físico, hospitalización, dolor u otro tipo de evento que se presente durante o después del estudio.

Beneficios Potenciales:

Se beneficiará al obtener las medidas de su capacidad cardiorrespiratoria, fuerza muscular, potencia y su porcentaje de grasa, lo cuales son valores que se utilizan en el proceso de entrenamiento deportivo.

Garantía de Confidencialidad:

La información obtenida del estudio será tratada confidencialmente. Su nombre no se utilizará en la publicación de resultados del estudio, sólo los datos agrupados se reportarán.

Compensación:

No se dará ninguna compensación económica por participar.

Participación Voluntaria:

El participante es libre de decidir participar o no en el estudio y tendrá el derecho de retirarse de la investigación en cualquier momento. No habrá ningún tipo de sanción o represalias. La participación es estrictamente voluntaria.

AUTORIZACIÓN

He leído el procedimiento descrito arriba. Se me ha explicado el estudio y se han contestado mis preguntas. Voluntariamente doy mi consentimiento para participar en el estudio sobre los efectos de las medidas antropométricas en el rendimiento motor.

Nombre del participante

Firma

Fecha

Firma del investigador _____

ANEXO B

FICHA DEL SUJETO

Lab. De Fisiología del Ejercicio

Nombre _____ Deporte _____

Edad Deportiva _____ Edad _____ Talla _____ Peso _____

Circunf. Cintura _____ Pliegues = Pecho _____ Abdomen _____ Muslo _____

Test Fuerza Agarre D _____ I _____ Test Potencia _____

Test Resist. Extensiones _____ Test Resist. Abdominales _____

PWC₁₇₀ N1 _____ / _____ F1 _____ N2 _____ / _____ F2 _____

ANEXO C

Ecuación de pliegues cutáneos (pecho, abdomen, muslo) para varones:

$$\text{Densidad corporal (Dc)} = 1,10938 - 0,0008267 (\text{suma de los pliegues}) + 0,0000016 (\text{suma de los pliegues})^2 - 0,0002574 (\text{edad})$$

Ecuación de Siri:

$$\% \text{ Grasa Corporal} = (495/\text{Dc}) - 450$$

Ecuación del PWC₁₇₀ (kgm/min):

$$\text{PWC}_{170} = \text{N1} + (\text{N2} - \text{N1}) \times 170 - \text{F1} / \text{F2} - \text{F1}$$

Ecuación para estimar el VO₂máx una vez obtenido el PWC₁₇₀:

$$\text{VO}_{2\text{máx}} = 1,7 \times \text{PWC}_{170} + 1240$$

www.bdigital.ula.ve