

## Relación de las características antropométricas con la velocidad del balón en el fútbol

### Relationship of Anthropometric Variables with speed ball in soccer

\*Jesús León Lozada-Medina, \*York Fred Santos-Quiroz, \*\*Manuel de Jesús Cortina Nuñez, \*Carlos Armando Hoyos-Espitia, \*Luis Eduardo Pupo Sfeir

\*Corporación Universitaria del Caribe (Colombia), \*\*Universidad de Córdoba (Colombia)

**Resumen.** En el fútbol la posibilidad de generar tiros estáticos con alta velocidad, puede determinar el resultado de un juego al disminuir la posibilidad de reacción del guardameta. La investigación se planteó analizar las características antropométricas con la velocidad del balón en el fútbol. Se evaluaron 17 futbolistas masculinos de la selección del estado Barinas categoría sub-20. (173,2 cm  $\pm$  6,9 y 65 kg  $\pm$  7,8). Las variables antropométricas se recolectaron según protocolo de ISAK, para la valoración de la proporcionalidad y la composición corporal se utilizó el método escalable, comparándose mediante un prototipo ontogénico deportivo; se aplicó una prueba de la velocidad pico del balón en el tiro estático sin intención de precisión utilizando un radar doppler para el registro de las velocidades. Los resultados muestran que existe una correlación significativa ( $<.05$ ) directa para el índice Z de la altura ileoespinal, e inversa para el índice Z del pániculo del muslo con respecto a la velocidad máxima del balón en el tiro estático, ambas correlaciones presentan un coeficiente de determinación de 24% y 25,8% respectivamente. No se hallaron correlaciones ( $>.05$ ) para los índices Z de la altura tibial lateral, la longitud trocánter tibial lateral, ni para el área magra del muslo con la velocidad máxima del balón. De esta manera, la menor acumulación de tejido adiposo y mayor altura del miembro inferior se consideran variables relacionadas a la generación de mayores velocidades con el balón.

**Palabras Clave:** Antropometría, Proporcionalidad, Composición corporal, Fútbol, Velocidad del balón.

**Abstract.** In Soccer the possibility of generating static shots with high speed can determine the outcome of a game to reduce the chance of reaction of the goal keeper. This research study analyzes the relationship of body proportionality and body composition with maximum ball speed shooting of soccer. 17 male players under the age of 20 (U-20) of Barinas State (173.2 cm  $\pm$  6.9 and 65  $\pm$  7.8 kg) were evaluated. The anthropometric variables were collected according to ISAK protocol. For the assessment of proportionality and body composition scalable method was used being compared through an ontogenetic sport prototype. A test of peak ball velocity was applied in the static shot without focusing on precision using a doppler radar to record speeds. The results show that there is a significant direct correlation ( $<.05$ ) for Z ileoespinal height index, and inverse for Z index pániculo thigh with respect to the maximum speed of the ball in the static shot. Both correlations present a coefficient of determination of 24% and 25.8% respectively. No correlations ( $> .05$ ) were found for the Z indices of lateral tibial height, lateral tibial length trochanter or for the lean thigh area with the maximum speed of the ball. Therefore, the lower accumulation of adipose tissue and greater height of the lower limb are considered variables related to the generation of higher velocities with the ball.

**Keywords:** Anthropometry, Proportionality, Body Composition, Soccer, speed ball.

### Introducción

En la actualidad, el fútbol representa un deporte de masas con convocatoria universal, ya que es practicado en distintos rincones del planeta y altamente valorado por los espectadores. Este deporte cuenta con la virtud de mantener la esencia de su reglamento original, sin embargo ha evolucionado de manera exponencial a la aplicación de las ciencias del deporte en su estudio, rea-

lizándose trabajos de investigación en distintas áreas y disciplinas científicas, todas con la premisa de optimizar el proceso de preparación de los futbolistas y mejorar el performance deportivo.

El logro de objetivos en el deporte depende de diversos factores, ya sean técnicos, tácticos, psicológicos, biomecánicos, fisiológicos y antropométricos. Al respecto del estudio de la kinantropometría con fines deportivos toma relevancia una adecuada forma, proporción y composición corporal que facilita la optimización morfológica (Norton et al. 1995, p. 188), la cual se expresa en el mejor rendimiento alcanzado por los atletas. En este orden de ideas, se define a la

kinantropometría como la interfase cuantitativa entre morfología y fisiología, o estructura y función (García & Méndez, 2002, p. 37), de tal manera que es apreciable destacar como la proporcionalidad y la composición corporal pueden representar factores de importancia en el rendimiento deportivo.

Así mismo, se puede reseñar que las variables antropométricas tienen implicación en la identificación de factores biomecánicos relacionados a las expresiones de fuerza centrífugas desde el sujeto hacia objetos externos (P. García & Méndez, 2002; Ross et al. 1988; Tittel, 1978).

De una manera básica el golpe al balón (con el pie), es un evento o una técnica deportiva de locomoción que en este caso atiende a desarrollar su naturaleza comúnmente en el fútbol; no obstante, la supuesta simpleza con la que el común de la población la evidencia desatiende su realidad, al pertenecer y regularse bajo unos principios biomecánicos que permiten su desarrollo, que si bien no rigen la generalidad de las acciones físicas del ser humano, si se enmarcan para esta apreciación (Hochmuth, 1973); considerando que en el fútbol acercarse al último tercio del campo incrementa la posibilidad de anotar (Pedro et al., 2022), incluyendo el generar tiros estáticos con alta velocidad puede determinar el resultado de un juego al disminuir la posibilidad de reacción y la tendencia del guardameta (Maureira et al. 2012), por lo cual resulta apreciable la posibilidad de relacionar variables antropométricas con la velocidad del balón en el tiro del fútbol. Así siendo la velocidad máxima del balón dependiente de una acción de golpeo, y en este sentido se debe considerar que a mayor distancia entre el eje de giro y el extremo que contacta con el móvil se podrá alcanzar un golpeo eficiente mediante una mayor velocidad lineal (Campos & Izquierdo, 2008a), teniendo en cuenta igualmente que la precisión es necesaria para alcanzar el objetivo de anotar, para lo que teóricamente queda siendo relevante al destacar que la precisión al momento de disparar requiere una reducción significativa de la fuerza a imprimir sobre la pelota por la razón de buscar la velocidad «exacta» y el punto de contacto para que el balón se refiera al espacio de objetivo (Teixeira, 1999). Sin embargo, se ha demostrado que aquellos sujetos que patean más fuerte sin intención de precisión, son los mismos que presentan mayor velocidad de pateo al buscar la intención de precisión (Juárez & Navarro, 2006).

Visto esto, con la intención de aportar información valiosa para la caracterización del futbolista barines en cuanto a su proporción y composición corporal, así como

elementos de apoyo en la toma de decisiones para futuros procesos selectivos, se realiza la siguiente investigación con el objetivo de analizar la relación entre las características antropométricas con la velocidad del balón en los futbolistas sub 20 del estado Barinas.

### **Procedimientos metodológicos**

El nivel del estudio se presenta de tipo correlacional y corresponde al diseño de campo, la unidad de análisis se constituyó por futbolistas menores de veinte (20) años de edad ( $x= 17,992$ ) miembros de la selección sub. 20 del Estado Barinas-Venezuela, así como miembros en ese momento de equipos de la segunda (2<sup>da</sup>) división (Deportivo Barinas) y primera (1<sup>era</sup>) división (Zamora F.C.) y sus filiales de la categoría, excluyendo a aquellos sujetos con menos de un año de experiencia en selecciones regionales.

El presente trabajo es producto del proyecto de investigación en fútbol y antropometría (Lozada, 2011) y de conformidad con la declaración de Helsinki, se notificó previamente a los sujetos sobre el procedimiento de las actividades y también se les informó sobre sus derechos, antes, durante y después de la prueba, todo bajo la aprobación del comité de ética del Observatorio de Investigación en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (OICAFD). Una vez enterados del procedimiento, a los sujetos y sus representantes se solicitó el diligenciamiento del consentimiento informado, donde se autorizó al grupo de evaluadores para la recolección de los datos en absoluta confidencialidad y con respeto de su integridad en el marco de los derechos humanos.

Al tratarse de un deporte de conjunto, el fútbol utiliza atletas en distintos roles dentro del accionar del juego. Por lo tanto, cada equipo debe tener jugadores con dominio amplio de fundamentos técnicos específicos, de acuerdo a su posición en el terreno, lo cual conlleva inclusive a la variación de las cualidades físicas y morfológicas entre ellos, originando que los conjuntos internamente se presenten heterogéneos.

Dentro de este orden de ideas se consideró una muestra conformada por 17 futbolistas de la selección sub 20 del estado Barinas, cabe resaltar que se excluyó intencionalmente a los porteros virtud de la tendencia primordialmente defensiva de sus funciones y de las características diferenciadas en el entrenamiento y la preparación física, además que ninguno de los porteros de la selección del estado Barinas participa en las acciones ofensivas de tiro libre como cobrador, por lo cual no entrenan esta técnica. En este sentido, el tipo de

muestreo utilizado es no probabilístico intencional, al seleccionar los casos típicos de la unidad de análisis.

### **Procedimientos utilizados**

#### *Medición y Recolección de Datos Antropométricos*

Para la evaluación antropométrica de los atletas se consideraron 7 variables correspondientes al perfil completo, según protocolo ISAK (Sociedad Internacional para el Avance de la Kinantropometría): recolectadas mediante la observación directa, con duplicado por cada tres sujetos, en horario matutino por dos antropometristas certificados con el nivel II de ISAK, utilizando una proforma para la anotación de los datos y donde un antropometrista nivel I de ISAK y un entrenador tomaron los registros. El lugar de medición fue un aula acondicionada con temperatura confortable, las variables a considerar se dividieron en: dos mediciones básicas (Masa corporal, Estatura); un plicómetro (Muslo Medial); un perímetro corporal (Muslo Medial); tres longitudes y alturas (Longitud Trocánter-Tibial Lateral, Altura Ilioespinal, Altura Tibial lateral), utilizando estadiómetro marca seca ©, cinta antropométrica marca Sanny © y plicómetro Holtain ©,

Con respecto a las variables tratadas, se hace referencia a aquellas que permiten identificar características relativas, pudiéndose establecer comparaciones individuales dentro de una misma población. En virtud de que el trabajo plantea el uso de longitudes relativas y perímetro corregido del muslo se consideraron algunas variables tratadas para poder establecer la proporcionalidad y la composición corporal relativa de los sujetos, utilizando respectivamente el método escalable del phantom (Cabañas, et al. 2005, 2009). Estas variables son los índices Z de: (a) altura ilioespinal, (b) altura tibial lateral, (c) longitud trocánter – tibial lateral, (d) Plicómetro del muslo y (e) Área Magra del Muslo.

Dichas variables fueron obtenidas mediante la siguiente fórmula donde Z es el índice de proporcionalidad de la variable estudiada, i = individuo sobre el que se toma la medida, Variable = variable de estudio, M = valor promedio del Modelo ontogénico, S = desviación estándar y dimensión = dimensiones de la magnitud en la que se mide la variable colocando uno (1) para medidas lineales (alturas, longitudes, perímetros diámetros y pliegues), dos (2) para medidas de superficie (áreas y secciones) y tres (3) para medidas de volumen y masa (capacidad pulmonar, peso o cualquier componente de la composición corporal en valor absoluto):

$$Z_{i,M}(\text{Variable}) = \frac{\text{Variable (i)} \cdot \left[ \frac{\text{Estatura (M)}}{\text{Estatura (i)}} \right]^{\text{dimensión}}}{S_{\text{variable (M)}}} - \text{Variable (M)}$$

Para de la aplicación del método escalable phantom, se creó un modelo o prototipo ontogénico deportivo con los datos antropométricos de 36 jugadores que fueron convocados para el ciclo preparatorio de la preselección del estado (ver tabla 1), siendo este el punto de comparación de los índices Z para el grupo en estudio. Para soportar la calidad de los resultados de las mediciones, y garantizar la precisión en el presente trabajo se efectuó una doble medición de cada variable antropométrica por cada tres sujetos, para obtener el cálculo del error técnico de medición (ETM) y poder evaluar la precisión intra-evaluador y coeficiente de correlación intraclase (CCI) para conocer el nivel de confiabilidad de los datos.

#### *Protocolo de la prueba para la Medición de la Velocidad máxima del Balón en el tiro estático*

Inicialmente, se reunió al grupo de futbolistas para explicarles la prueba en cuestión, igualmente se solicitó el esfuerzo máximo durante la ejecución. Una vez considerados los anteriores aspectos, el grupo se dividió en subgrupos de 9 y 8 ejecutantes para iniciar un acondicionamiento morfo funcional general, así como un calentamiento especial antes de la ejecución, en función de los requerimientos de la prueba.

Más adelante el primer grupo se organizó en una hilera donde cada jugador acomoda su balón para la ejecución (Juárez & Navarro, 2006; Trolle, et al. 1993), aplicando el protocolo del test de velocidad máxima de balón después del golpeo (Lozada & Padilla, 2018), siendo realizado en un escenario cerrado o cubierto, para evitar la influencia de viento en contra o a favor, además se utilizó una superficie de tierra y arena compactada para garantizar el uso de los tacos, que es su implementación deportiva regular. colocándose una cinta a 180cm de altura para evitar distorsiones en el ángulo de salida del balón que pudieran afectar la medición con el instrumento de precisión.

La carrera previa y pierna de golpeo es de libre elección, así como el intervalo de descanso entre cada tiro fue de 30 segundos, teniendo tres oportunidades de disparo y utilizando para el estudio la mejor ejecución realizada. La prueba finalizó cuando todos los participantes completaron sus tiros. Se utilizó un balón de fútbol profesional con las medidas y presión oficiales, pesando 430 gramos aproximadamente y un nivel de presión de 0,8 bares.

En la recolección de la información referente a la velocidad pico de la pelota después de ser golpeada o tirada desde y por los jugadores, se utilizó un radar Doppler especial para deportes, (Andersen et al. 2003; Dörge et al. 1999; Lozada & Padilla, 2018; Trolle et al. 1993; Valadés et al. 2007). Los datos de la velocidad se recolectaron en una proforma considerándose tiros válidos aquellos que registraba el radar y no superaban la altura de la cinta de 180cm colocada a 11 metros.

### Técnica de procesamiento y análisis de resultados

Las transcripciones de los datos recolectados en las proformas se vaciaron en una hoja de cálculo del programa Microsoft Excel ©, y para el procesamiento estadístico se utilizó el paquete estadístico SPSS 24.0 ©. De esta manera, se procedió a calcular valores promedios y desviaciones estándar para la estadística descriptiva. Mientras que en la estadística inferencial se ejecutaron las pruebas no paramétricas para la evaluación de la normalidad en las distribuciones de las variables del prototipo ontogénico deportivo regional y las variables objeto de correlación en el estudio, hallando una distribución normal en las mismas. Por consiguiente se ejecutó el análisis de la relación entre las variables antropométricas y la velocidad del balón, utilizando un método para datos métricos denominado análisis de regresión lineal para dos variables, el cual puede utilizarse para medir la fuerza y dirección de la relación lineal existente entre dos variables de tipo cuantitativo (Flores, 2006, p. 60). Igualmente se utilizan los diagramas de dispersión para las correlaciones comprobadas como significativas en el análisis previo, para establecer la explicación de la relación existente entre las variables y conocer cuál es el nivel de contribución o coeficiente de determinación ( $r^2$ ) de los factores de la proporcionalidad corporal y la composición corporal con la velocidad del balón en el tiro de los futbolistas de la selección masculina categoría sub.20 del estado Barinas.

### Resultados

En la tabla 1 se pueden observar los valores descriptivos de tendencia central (media y mediana), valores de dispersión (desviación típica) y los valores máximos y mínimos. Donde se presenta una estatura promedio ( $\bar{x}$ ) de 173,6 cm con un desvío estándar (ds) de  $\pm 6,0$ . En el caso de la masa corporal se presenta una media de 63,6 kg  $\pm 6,82$ . El pániculo del muslo muestra una  $\bar{x} = 11,7 \text{ mm} \pm 4,66$ . En cuanto a la altura íleoespinal pre-

senta  $\bar{x} = 98,0 \pm 4,76$ . Es destacable que la media de los índices Z de la proporcionalidad relativa y la composición corporal relativa se presentan inferiores al modelo phantom ontogénico regional, a excepción del índice Z promedio de la altura tibial lateral (0,500) el cual se muestra mayor que el modelo de referencia. Respecto a la velocidad del balón en el tiro desde posición estática sin intención de precisión, se encontró un promedio de 96,1 km/h  $\pm 8,82$  y un valor mínimo de 80,5 km/h y el valor máximo en 107,8 km/h.

Tabla 1  
Estadísticos descriptivos para las variables antropométricas del prototipo de phantom ontogénico deportivo de futbolistas categoría sub 20 del estado Barinas

Variables	Media	Desv. típ.	% ETM	CCI
Talla (cm)	173,2	$\pm 6,95$	0,00	1,00
Masa Corporal (kg)	65,0	$\pm 7,87$	0,00	1,00
Pániculo del Muslo (mm)	12,7	$\pm 5,63$	2,61	1,00
Perímetro del Muslo medio (cm)	51,1	$\pm 3,67$	0,60	1,00
Altura íleoespinal (cm)	98,3	$\pm 5,47$	0,19	1,00
Longitud Trocánter Tibial (cm)	42,8	$\pm 2,88$	0,14	1,00
Altura Tibial lateral (cm)	48,2	$\pm 3,80$	0,13	1,00
Área Magra Muslo (cm <sup>2</sup> )	177,6	$\pm 21,19$	0,00	1,00

Tabla 2  
Resultados del análisis de relación por r de Pearson entre las variables del estudio

		Z Altura íleoespinal	Z Long. Trocánter Tibial	Z Altura Tibial	Z Área Muscular muslo	Z Pániculo Muslo	Velocidad del Balón
Z Altura íleoespinal	r	1	0,416	0,657**	-0,080	-0,557*	0,490*
	Sig.		0,096	0,004	0,761	0,020	0,046
Z Long. Trocánter tibial	r	0,416	1	0,339	-0,405	-0,371	0,054
	Sig.	0,096		0,184	0,107	0,143	0,837
Z Altura Tibial	r	0,657**	0,339	1	-0,336	-0,405	0,283
	Sig.	0,004	0,184		0,187	0,107	0,272
Z Área Muscular muslo	r	-0,080	-0,405	-0,336	1	0,277	-0,052
	Sig.	0,761	0,107	0,187		0,282	0,844
Z Pániculo Muslo	r	-0,557*	-0,371	-0,405	0,277	1	-0,508*
	Sig.	0,020	0,143	0,107	0,282		0,038
Velocidad del balón	r	0,490*	0,054	0,283	-0,052	-0,508*	1
	Sig.	0,046	0,837	0,272	0,844	0,038	

\*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

En cuanto a la descripción del grupo de estudio para la proporcionalidad relativa y composición corporal relativa (ver figura 1) es factible afirmar que presenta una altura íleoespinal ligeramente baja respecto del modelo o prototipo ontogénico deportivo, igualmente se observa una menor longitud trocánter tibial lateral y una altura tibial lateral sobre el promedio, pudiendo definir al grupo como de miembros inferiores, muslos cortos y tibia larga. Por su parte, la composición corporal relativa de los miembros inferiores presenta menor tejido adiposo (representado por el pániculo del muslo medio) y componente magro (área magra del muslo) promedio para su edad y especialidad deportiva.

Ahora bien al realizar las correlaciones entre las variables en estudio se puede observar en la tabla 2 que se evidencia una correlación positiva entre el índice Z de la altura íleoespinal y la velocidad del balón ( $r=0,490$   $p,046$ ) por lo cual se rechaza la Hipótesis nula ( $H_0$ ) de incorrelación entre este par de variables. Por otra parte, se evidencia una relación inversa y significativa entre el índice Z del pániculo del muslo y velocidad del balón ( $r=0,508$   $p,038$ ), rechazando igualmente la  $H_0$  al nivel  $p < ,05$ .

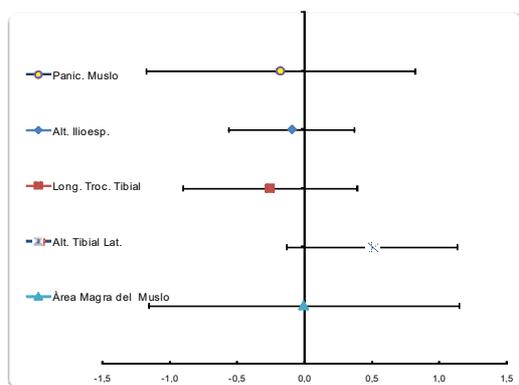


Figura 1. Índices Z de las variables antropométricas para los sujetos del estudio

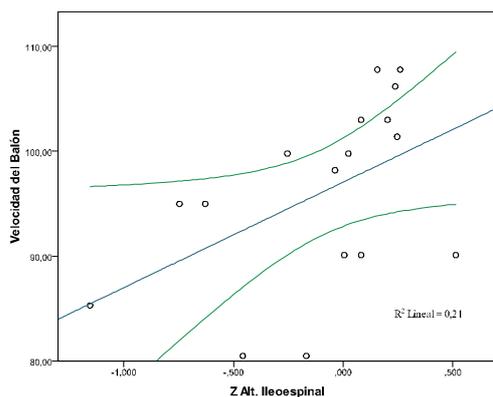


Figura 2. Dispersión, recta de ajuste, zona de confianza para la media y  $r^2$  de la relación entre Velocidad del balón e índice Z de la Altura Ileoespinal para los sujetos del estudio

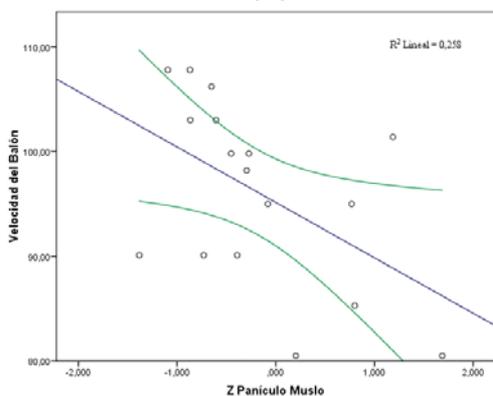


Figura 3. Dispersión, zona de confianza y  $r^2$  de la Velocidad del balón y Z del Panículo del Muslo para los sujetos del estudio

## Discusión

En el presente estudio se pretendió evaluar la relación entre las características antropométricas de proporcionalidad corporal y la composición corporal con la velocidad del balón en el tiro de los futbolistas de la selección masculina categoría sub.20 del estado Barinas. Además de realizarse una descripción de las características antropométricas y la velocidad máxima del balón. A partir de dicho propósito, al establecer comparaciones de las variables antropométricas con estudios de futbolistas donde se consideraban las mismas variables que se presentan en el estudio en la selección categoría sub. 20 del estado Barinas, se observa que las caracte-

rísticas antropométricas son estadísticamente diferentes ( $<,05$ ) y menores respecto de los valores para futbolistas sudamericanos de elite (Rienzi & Mazza, 1998). En cuanto a la estatura, la masa corporal, perímetro del muslo medio y la longitud trocánter tibial, se encuentran además diferencias significativas y mayores ( $<,05$ ) en la altura trocánter tibial lateral, sin embargo, se evidencia igualdad en las medias ( $>,05$ ) de la altura ileoespinal y el panículo de muslo.

Con relación a la descripción de la velocidad del balón desde tiro estático sin intención de precisión podemos señalar que se evidenciaron diferencias significativas y menores ( $<,05$ ) respecto de jugadores de la liga nacional danesa (Trolle et al. 1993) y jugadores juveniles franceses (Taina, et al. 1993), además de diferencias significativamente mayores que jugadores amateur (Kawamoto et al. 2007), por otra parte se encontraron igualdad en las medias ( $>,05$ ) con relación a de jugadores juveniles franceses (Taina et al. 1993). Con base en las consideraciones anteriores, se puede señalar que los futbolistas categoría sub 20 del estado Barinas, presentan velocidades de balón después un tiro máximo desde posición estático, ajustados a sus características, al presentar valores parecidos a otros jugadores de similar categoría y experiencia competitiva.

En cuanto a los análisis de correlación realizados, se encontraron dos relaciones entre las variables de proporcionalidad y composición corporal con respecto a la velocidad máxima del balón en el tiro estático sin intención de precisión. Una correlación directa entre el índice Z de la altura ileoespinal y la velocidad máxima del balón, y otra relación inversa entre el índice Z del panículo del muslo y la velocidad del balón. Se muestra en primera instancia, de manera destacable cómo la proporcionalidad relativa de la altura ileoespinal, expresada en el índice Z respectivo, se relaciona significativamente ( $r=0,409$   $p<,05$ ) con la velocidad del balón, explicando mediante su coeficiente de determinación ( $r^2$ ) el 24,01% de la velocidad pico alcanzada por el balón durante un tiro o chut ejecutado a máxima intensidad (ver figura 2). De esta forma, se puede señalar que a mayor valor relativo del índice Z de la altura ileoespinal los futbolistas obtienen mejoras en la velocidad pico del balón después un tiro estático.

Estos hallazgos pueden ser explicados dentro de los principios biomecánicos aplicables a los deportes, en específico al principio de los segmentos incorporados (Mikel Izquierdo, 2008), en relación con los procesos de aceleración y desaceleración de los segmentos para alcanzar la máxima velocidad en el segmento más distal

involucrado dentro del gesto técnico, donde se señala que en caso del golpeo de balón en el fútbol, la longitud de los segmentos que forman la cadena cinemática y el radio de los consecuentes movimientos de rotación intervienen en la velocidad lineal del pie de golpeo (Campos & Izquierdo, 2008a), ya que la velocidad lineal de las palancas se expresa como el producto del radio de los movimientos de rotación y la velocidad angular. No obstante, se debe considerar que existe un valor de transferencia de energía cinética que avanza desde la pierna de apoyo (Augustus, Mundy, & Smith, 2017) en cadena hasta la estructura que se enfrenta ante el objetivo (balón), sumado a ello los segmentos libres también señalan generar un equilibrio que brinda soporte y acompañamiento al evento que de alguna u otra manera son los responsables de promover la efectividad, acciones que se vinculan al principio de «de coordinación temporal de los impulsos parciales» (Trujillo, 1999), donde se sostiene que acciones simples y complejas no atienden a un sistema aislado, pues una sucesión temporal de impulsos parciales se concadenan para un objetivo mecánico que requiere una alta velocidad, obedeciendo a una dirección de impulso. Además, siguiendo la física biomecánica cualquier variación ya sea externa o intenta en el sistema, debe ser compensada de alguna forma u otra.

Con referencia a la velocidad lineal del pie, se puede argumentar que se ve afectada por la técnica realizada y la velocidad de ejecución de dicha técnica. Entonces a lo expuesto por Campos & Izquierdo, (2008b) donde la inercia o momentum del contacto pie-balón, expresa un valor cuantitativo producto de la conjugación de la masa de la pierna y la velocidad del pie en el instante del impacto, sumado a ello la velocidad con la que el sujeto se acerca al balón. Es así que se presenta lo considerado por Bull Andersen et al. (1999), quienes establecen que la altura de la pierna medida desde la rodilla hasta el punto de contacto con el balón representa una variable crítica en la velocidad del balón, al alterar el radio del segmento.

En términos generales, se podría decir que a medida que aumenta la masa de la pierna y la velocidad del pie en la colisión, mayor debería manifestarse la velocidad del balón. Al hacer la relación teórica con la proporcionalidad corporal, se distingue que un segmento, donde son ambos evaluados mediante el índice Z frente al prototipo, en este caso la altura relativa ileoespinal que representa la longitud proporcional del miembro inferior de acuerdo a la estatura del sujeto y normado por un prototipo poblacional, se puede derivar que: un

sujeto a con una pierna proporcionalmente más larga que otro sujeto b, debe tener proporcionalmente más masa en su pierna, que el sujeto b con un índice Z menor que él. Esta característica influye en un 24,01% aproximadamente en la máxima velocidad alcanzada por el balón después de ejecutar un tiro máximo.

Lo señalado coincide igualmente con lo expresado por García & Ardá, (2004), quienes explican como la longitud de las partes del cuerpo puede determinar en cierta medida la eficacia del golpeo al balón ya que el radio de los movimientos rotacionales, afecta la velocidad del pie girado, por lo cual la altura del cuerpo y longitudes de diferentes segmentos corporales puede ser una característica ventajosa en la velocidad de ejecución del golpeo al balón.

Siguiendo con la argumentación anterior, los factores mecánicos implicados en la acción del golpeo, pueden verse influenciados por el peso del segmento y la velocidad con que desplaza el pie que golpea al balón, entendiendo que un segmento más largo será más pesado y necesitara más fuerza para producir mayor velocidad de desplazamiento. Por lo tanto, se debe considerar lo señalado por Trujillo, (1999) quien expone, cómo dentro del principio del espacio óptimo de aceleración, es posible incrementar la energía de manera proporcional a la fuerza (F) y al espacio (S), por lo que al aumentar cualquiera de los dos factores se beneficia la energía cinética transferida.

Es importante precisar que en el organismo morfofuncional humano el espacio de aceleración (S) es restringido por las características biomecánicas del sistema locomotor, porque a determinados valores de S se afecta negativamente la dimensión de la fuerza de aceleración media (F). Por lo cual debe existir una longitud óptima de aceleración condicionada por distintas variables independientes. Al respecto, se concibe que un sujeto con altura ileoespinal relativa superior no necesariamente debe alcanzar mayores velocidades de tiro, sino que esa característica debe estar acompañada de otros factores biomecánicos, fisiológicos y neurales (Katis et al. 2013) que condicionarían el aprovechamiento del 24,01% de influencia que ejerce la mayor longitud relativa ileoespinal en la velocidad pico del tiro estático en los futbolistas.

Por otra parte, es importante resaltar como respecto de la otra correlación evidenciada, se encontraron relaciones inversas significativas ( $r = -0,508$ ;  $p < ,05$ ) para los pares de variables del índice Z del pániculo del muslo y la velocidad del balón, explicándose de esta manera el 25,81% de tiro estático a máxima velocidad

(ver figura 3). Estos resultados se corresponden con lo señalado por los hallazgos en ciencias aplicadas, donde se explica que la mayor acumulación de tejido adiposo interfiere negativamente en el rendimiento físico de algunas especialidades deportivas, incluyendo la velocidad en el fútbol (Ceballos-Gurrola et al. 2020).

En este sentido Cabañas & Esparza, (2009) explican que el acumulo de grasa en algunas especialidades deportivas es inversamente proporcional al rendimiento deportivo, tal es el caso del ciclismo, baloncesto, fútbol y voleibol entre otros. Señalando además una de las razones que justifica el hecho de que algunos deportes necesitan de aceleraciones y momentos de inercia en forma de velocidad y explosividad en la ejecución biomecánica de los gestos deportivos.

Por lo tanto, durante un disparo máximo, al representar una acción explosiva, se considera que la acumulación de grasa proporcional en el panículo adiposo se presenta inversamente proporcional al trabajo necesario, para desarrollar un gesto eficaz que alcance las máximas velocidades pico posibles al potencial deportivo del atleta que lo ejecuta. El exceso de tejido adiposo incrementa la masa corporal y la masa de los segmentos, afectando la aceleración al representar un peso no útil en la generación de fuerza para producir el movimiento, una concepción que puede ser apreciada desde los estudios de antropometría biomecánica (Acero, 2002) y que se ha tenido en cuenta en las relaciones de grasa y la masa libre de esta (Kyle et al. 2001) lo que conlleva al llamado índice Adiposo/Muscular, quien describe la cantidad de tejido adiposo que tiene que ser transportado por cada kilogramo muscular; de tal manera que mientras menor sea el valor, la estructura tendrá una mayor capacidad de desplazamiento (Acero, 2012), en función del vector deseado. Es apreciable aceptar que esta situación genera un gasto energético superior y se acelera el proceso fisiológico de la fatiga, al implicar un gasto innecesario, lo cual se evidenciara en la traducción negativa de los valores de velocidad al momento de los tiros a portería como se expone en los trabajos de (Lees & Davies, 1987). De esta manera (Kellis, Katis, & Vrabas, 2006), señala «que la condición de fatiga podría alterar la transferencia de energía del segmento proximal al distal. De la esta forma se podría considerar que los cambios en la técnica después de la fatiga posiblemente se originen debido a alteraciones en la capacidad de los músculos para producir fuerza, así como cambios en los patrones de coordinación muscular».

Estos hallazgos se corresponden con lo expuesto por

(Ramos & Zubeldia, 2003a, 2003b), donde explican que el exceso de masa grasa va a interferir en forma negativa en actividades que requieran desplazamiento, saltos, entre otros, debido a que se incrementa en peso del cuerpo sin capacidad adicional para producir fuerza. Del mismo modo Norton et al. (1995), señala que el aumento de Masa Grasa será perjudicial para el rendimiento deportivo, debido a que el aumento de peso no útil en la producción de fuerza, disminuirá la capacidad de aceleración entendiendo que:  $\text{aceleración} = \text{Fuerza} / \text{Masa}$ , una anotación antropométrica coherente si se piensa en el alto rendimiento (Ferreira et al. 2006) y la forma de diferenciación de cada una de las performances individuales, atendiendo a la optimización de la composición corporal con base a una masa muscular eficiente para la práctica; siempre y cuando solo se resume a contemplar las características necesarias para la ejecución de actividades propias y derivados mecánicos de complejidad que no se alejen de las características naturales del deporte. Lo mencionado anteriormente señala que la «fuerza en utilidad de un gesto específico que se genera a brevedad y continuamente dentro de la competición» (González & Gorostiaga, 1995), debe ser una razón propia del entrenamiento y de esta manera un factor anexo al rendimiento deportivo. Señalando que en la competición este evento «se genera a un velocidad específica y en un tiempo específico» (Izquierdo, 2008).

De los planteamiento anteriores, se puede señalar igualmente que diversos estudios han destacado la existencia de una relación inversa entre la acumulación de grasa y el nivel competitivo y de preparación de los futbolistas (Ostojic, 2003). De igual forma, De Lucas, (2004), señala que a medida que disminuye la categoría profesional se presenta un mayor acumulo de tejido adiposo, indicando una tendencia a aumentar su depósito en las extremidades con respecto al tronco. De tal manera que se puede interpretar cómo a medida que disminuye el rendimiento deportivo se presenta una mayor acumulación de tejido adiposo, y el caso de los futbolistas se manifiesta a nivel de las extremidades.

De tal manera que se puede observar, en correspondencia a los resultados de estudios previos y lo evidenciado en el presente trabajo, que los futbolistas que acumulaban mayor tejido adiposo, presentaban menor rendimiento en las evaluaciones físicas. Estos resultados se corresponden con lo reseñado en esta investigación, donde se muestra la posibilidad de generar mayores velocidades pico del balón en el tiro máximo al presentar menor valor relativo del panículo adiposo en el muslo.

En este sentido se debe señalar lo expuesto por Aréchiga et al. (en Cabañas y Esparza 2009), quienes explican que «la hipótesis sobre la importancia de una determinada cantidad de grasa se sustenta fundamentalmente en los resultados obtenidos en deportistas que han tenido éxito». Agregando ante la evidencia, que no se debe separar el análisis morfológico de la estimación de la composición corporal y del perfil de las proporciones corporales, tal como está planteado en la definición de kinantropometría.

Para finalizar debemos señalar que el presente trabajo demostró que los futbolistas categoría sub. 20 del estado Barinas que exhiben mayor índice Z para la altura ileoespinal, y menor índice Z para el panículo del muslo presentarán del mismo modo la posibilidad de generar mayor velocidad del balón en el tiro máximo sin intención de precisión, siendo esta variable afectada en 24% por la altura ileoespinal y 25,8% por el grosor del panículo.

Como limitaciones del presente estudio se asume un reducido número de la muestra, pudiendo ampliarse para buscar mayor heterogeneidad, especificar características por posición y verificar la correlación de las variables involucradas; Se considera adecuado para futuras investigaciones realizar evaluaciones de perfil antropométrico completo de las distintas manifestaciones de fuerza (máxima, velocidad y resistencia), la potencia de miembros inferiores, utilizando distintos protocolos para establecer posibles relaciones con el chute y orientar el entrenamiento en función a sus resultados, también se puede considerar para futuros estudios la evaluación de factores bioquímicos y neuromusculares posiblemente implicados en la máxima velocidad del tiro. Sin embargo, el trabajo tiene como fortaleza abordar un tema inédito en el fútbol.

## Conclusiones

En correspondencia al objetivo planteado en el desarrollo de la presente investigación donde se presenta la relación de la proporcionalidad corporal y la composición corporal con la velocidad del balón en el tiro de los futbolistas, en este apartado se pueden observar las principales conclusiones obtenidas:

1. Los futbolistas evaluados que presentan menor tejido adiposo a nivel del muslo alcanzaran mayor velocidad en el chute máximo.
2. Los futbolistas evaluados con mayor altura ileoespinal presentan mayor velocidad del balón después del tiro o chute máximo.

3. La evaluación del panículo del muslo y la altura ileoespinal, representan herramientas útiles para de control y monitoreo de los jóvenes futbolistas en los procesos de selección en el fútbol.

A la luz de los resultados obtenidos en la presente investigación se realizan a continuación una serie de recomendaciones ajustadas a los requerimientos y observaciones detectadas durante el desarrollo del presente trabajo:

1. Las variables antropométricas del panículo del muslo y la altura ileoespinal se consideran adecuadas para el monitoreo y procesos de selección de los jóvenes atletas de fútbol del estado Barinas y de Venezuela.
2. Realizar la evaluación de la velocidad del balón en el tiro máximo sin intención de precisión, utilizando el protocolo propuesto y ejecutado en el presente estudio.

## Referencias

- Acero, J. (2002). Bases Biomecánicas para la Actividad Física Deportiva. Universidad de Pamplona. *Faid editores*.
- Acero, J. (2012). *Antropometría Biomecánica (AB) y Fraccionamiento de la Masa Corporal (FMC5). Texto Guía. Curso de Diplomado. Corporación Universitaria del Caribe - Cecar, Programa de ciencias del deporte y la salud* (pp. 1-94). pp. 1-94. Sincelejo, Colombia.
- Andersen, T. B., Dorge, & Thomsen. (2003). Collisions in soccer kicking. *Sports Engineering*, 2(2), 121-125. <https://doi.org/10.1046/j.1460-2687.1999.00015.x>
- Augustus, S., Mundy, P., & Smith, N. (2017). Support leg action can contribute to maximal instep soccer kick performance: an intervention study. *Journal of Sports Sciences*, 35(1), 89-98. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1156728>
- Cabañas, M. D., & Esparza, F. (2009). *Compendio de cineantropometría* (CTO Editor). Madrid.
- Cabañas, M., Maestre-López, M., & Herrero de Lucas, A. (2005). Modelo estándar de proporcionalidad ontogénica: Propuesta de modificación del modelo estándar de referencia en cineantropometría al estudio de poblaciones en crecimiento. En *XXII congreso de la Sociedad Anatómica Española*. Murcia (Spain).
- Cabañas, M., Maestre-López, M., & Herrero de Lucas, A. (2009). Estudio de dos propuestas sobre el modelo «phantom» de proporcionalidad de Ross y Wilson. *Biomechanics*, 7(1), 12-16.
- Campos, J., & Izquierdo, M. (2008a). Analisis de los

- movimientos de lanzamiento y golpeo. En *Biomecánica y Bases Neuromusculares de la Actividad Física y el Deporte* (pp. 333-413). Madrid: Panamericana.
- Campos, J., & Izquierdo, M. (2008b). Análisis de los movimientos de lanzamiento y golpeo. En *Biomecánica y Bases Neuromusculares de la Actividad Física y el Deporte* (p. 362). Editorial medica panamericana.
- Ceballos-Gurrola, O., Bernal-Reyes, F., Jardón-Rosas, M., Enríquez-Reyna, M. C., Durazo- Quiroz, J., & Ramírez-Siqueiros, M. G. (2020). Composición corporal y rendimiento físico de jugadores de fútbol soccer universitario por posición de juego (Body composition and physical performance of college soccer by player's position). *Retos*, 2041(39), 52-57. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.75075>
- De Lucas, Á. H. (2004). Cineantropometría: Composición corporal y somatotipo de futbolistas que desarrollan su actividad física en equipos de la comunidad autónoma de Madrid. Universidad computense de Madrid.
- Dörge, H. C., Andersen, T. B., Sorensen, H., Simonsen, E. B., Aagaard, H., Dyhre-Poulsen, P., & Klausen, K. (1999). EMG activity of the iliopsoas muscle and leg kinetics during the soccer place kick. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 9, 195-200. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1999.tb00233.x>
- Ferreira, M., O'Connor, C., & Barzan, N. (2006). 2005-, Perfil antropométrico del equipo campeón Profesional., 2006 de la Liga Nacional de Básquet Argentina. *Instituto Superior de Deportes. LAFyS*.
- Flores, Z. (2006). La estadística en el contexto de las investigaciones bioantropológicas. En *Introducción a la investigación bioantropológica en actividad física, deporte y salud* (pp. 45-75). Caracas: Faces UCV.
- García, O., & Ardá, T. (2004). Análisis de los factores que condicionan la eficacia en el golpeo a balón parado en el fútbol. *Efdeportes*.
- García, P., & Méndez, B. (2002). *Perfil Antropométrico y control de Calidad en Bioantropología, Actividad Física y salud*. Caracas – Venezuela: Faces/UCV.
- González, J., & Gorostiaga, E. (1995). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza*. Barcelona: Inde.
- Hochmuth, G. (1973). *Biomecánica de los movimientos deportivos*. Madrid: INEF.
- Izquierdo, M. (2008). *Biomecánica y Bases Neuromusculares de la Actividad Física y el Deporte*. Editorial Medica Panamericana, Ed.
- Izquierdo, M. (2008). Biomecánica y Bases Neuromusculares de la Actividad Física y el Deporte. En *Biomecánica y Bases Neuromusculares de la Actividad Física y el Deporte*. Editorial Medica Panamericana, Ed.
- Juárez, D., & Navarro, F. (2006). Análisis de la velocidad del balón en el tiro en futbolistas en función de la intención de precisión. *European Journal of Human Movement*, 16, 39-49.
- Katis, A., Giannadakis, E., Kannas, T., Amiridis, I., Kellis, E., & Lees, A. (2013). Mechanisms that influence accuracy of the soccer kick. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(1), 125-131. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2012.08.020>
- Kawamoto, R., Miyagi, O., Ohashi, J., & Fukashiro, S. (2007). Kinetic comparison of a side-foot soccer kick between experienced and inexperienced players. *Sports Biomechanics*, 6(2), 187-198. <https://doi.org/10.1080/14763140701324966>
- Kellis, E., Katis, A., & Vrabas, I. S. (2006). Effects of an intermittent exercise fatigue protocol on biomechanics of soccer kick performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 16(5), 334-344. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2005.00496.x>
- Kyle, U. G., Gremion, G., Genton, L., Slosman, D. O., Golay, A., & Pichard, C. (2001). Physical activity and fat-free and fat mass by bioelectrical impedance in 3853 adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(4), 576-584. <https://doi.org/10.1097/00005768-200104000-00011>
- Lees, A., & Davies, T. (1987). *The effects of fatigue on soccer kick kinematics*. *Journal of Sports Sciences*, 6(2), 156-157
- Lozada, J. (2011). *Relación de la proporcionalidad corporal y la composición corporal con la velocidad del balón en el tiro de los futbolistas* (Universidad Pedagógica Experimental Libertador). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27742.69441>. Unpublished Mg thesis
- Lozada, J., & Padilla, J. (2018). Validez Y Reproducibilidad Del Test De Velocidad Máxima De Balón Después Del Golpeo En El Fútbol. *Revista Observatorio del Deporte*, 4(2), 36-53.
- Maureira, F., Bahamondes, V. V., & Jesam, B. (2012). Time of reaction and time of execution in goalkeeper of football category sub-15. *DEFDER*, 53-61.
- Norton, K., Olds, T., Olive, S., & Craig, N. (1995). Antropometria y Performance Deportiva. En *Antropometria (Spanish version of Anthropometria)* (pp. 188-236). Rosario: Biosystem.
- Ostojic, S. (2003). JEP online Journal of Exercise Physiology online 8-Week Heavy Exercise Training.

- Journal of Exercise Physiology*, 6(1), 1-8.
- Pedro, J., Guimarães, A., Rochael, M., Gustavo, A., Andrade, P. De, & Teles, G. (2022). How Reaching the Pitch's Final Third is Related to Scoring Opportunities in Soccer? *Retos*, 2041, 171-176.
- Ramos, N., & Zubeldia, G. (2003a). Masa Muscular y Masa Grasa, y su relación con la Potencia Aeróbica y Anaeróbica en Futbolistas de 18 a 20 años de Edad (Parte I). Recuperado de Abril 18, 2020 *PubliCE Standard*. <https://g-se.com/masa-muscular-y-masa-grasa-y-su-relacion-con-la-potencia-aerobica-y-anaerobica-en-futbolistas-de-18-a-20-anos-de-edad-parte-i-171-sa-v57cfb2711078a>.
- Ramos, N., & Zubeldia, G. (2003b). Masa Muscular y Masa Grasa, y su relación con la Potencia Aeróbica y Anaeróbica en Futbolistas de 18 a 20 años de Edad (Parte II). *PubliCE Standard*. Recuperado de Abril 18, 2020 <https://g-se.com/masa-muscular-y-masa-grasa-y-su-relacion-con-la-potencia-aerobica-y-anaerobica-en-futbolistas-de-18-a-20-anos-de-edad-parte-ii-173-sa-i57cfb27110ee0>.
- Rienzi, E., & Mazza, J. . (1998). *Futbolista sudamericano de élite/ : morfología, análisis de juego y performance/ : resultado de las investigaciones en composición corporal, análisis del movimiento y análisis táctico en la Copa América 1995 (Uruguay)*. Rosario (Arg): Biosystem servicio educativo.
- Ross, W. D., De Rose, E. H., & Ward, R. (1988). Antropometría aplicada a la Medicina del Deporte. En *Libro Olímpico de la Medicina Deportiva* (pp. 233-276). Recuperado Noviembre 02, 2020 de [https://library.olympic.org/Default/doc/SYRACUSE/70369/libro-olimpico-de-la-medicina-deportiva-a-dirix-h-g-knuttgen-y-k-tittel?\\_lg=en-GB](https://library.olympic.org/Default/doc/SYRACUSE/70369/libro-olimpico-de-la-medicina-deportiva-a-dirix-h-g-knuttgen-y-k-tittel?_lg=en-GB)
- Taina, F., Grehaigne, J., & Cometti, G. (1993). NoThe influence of maximal strength training of lower limbs of soccer players on their physical and kick performances. En A. Eds: Reilly, T., Clarys, J. and Stibbe (Ed.), *Science and soccer II* (pp. 98-103). France: London: E&FN Spon.
- Teixeira, L. (1999). Kinematics of kicking as a function of different sources of constraint on accuracy. *Perceptual and Motor Skills*, 88(3), 785-789. <https://doi.org/10.2466/pms.1999.88.3.785>
- Tittel, K. (1978). Tasks and tendencies of sport anthropometry's development. En *Biomechanics of sports and kinanthropometry* (pp. 283-296). Recuperado de Septiembre 18, 2020 [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-349-02612-8\\_81](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-349-02612-8_81)
- Trolle, M., Aagaard, P., Simonsen, E. B., Bangsbo, J., & Klausen, K. . (1993). Effects of strength training on kicking performance in soccer. En A. Eds: Reilly, T., Clarys, J. and Stibbe (Ed.), *Science and Football II* (pp. 95-97). Copenhagen-Dk: London: E&FN Spon.
- Trujillo, M. (1999). Principios biomecánicos. *RED (Revista de entrenamiento deportivo)*, XIII(2).
- Valadés, D., Palao, J. M., Femia, P., Radial, P., & Ureña, A. (2007). Validez y fiabilidad del radar para el control de la velocidad del remate en voleibol. (Validity and reliability of radar to spike speed control in volleyball). *Cultura\_Ciencia\_Deporte*, 2(6), 131-138. <https://doi.org/10.12800/ccd.v2i6.185>

