



REVISTA OBSERVATORIO
del Deporte

Revista de Humanidades
y Ciencias Sociales ISSN 0719-5729

Volumen 7 Número 1
Enero - Abril
2021

CUERPO DIRECTIVO

Director

German Moreno Leiva
Universidad de Las Américas, Chile

Editor

Alessandro Monteverde Sánchez
OBU- CHILE

Cuerpo Asistente

Traductora: Inglés

Pauline Corthorn Escudero
Universidad Gabriela Mistral, Chile

Portadas

Graciela Pantigozo de Los Santos
Editorial Cuadernos de Sofía, Chile

COMITÉ EDITORIAL

Mg. Adriana Angarita Fonseca
Universidad de Santander, Colombia

Ph. D. Tsanko Angelov Tsanko
*National Sport Academy "Vasil Levski Sofía,
Bulgaria*

Lic. Marcelo Bittencourt Jardim
CENSUPEG y CMRPD, Brasil

Ph. D. Yamileth Chacón Araya
Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Dr. Óscar Chiva Bartoll
Universidad Jaume I de Castellón, España

Dr. Miguel Ángel Delgado Noguera
Universidad de Granada, España

Dr. Jesús Gil Gómez
Universidad Jaume I de Castellón, España

Ph. D. Blangoi Kalpachki
South West University, Bulgaria

Ph. D. José Moncada Jiménez
Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Mg. Ausel Rivera Villafuerte
Secretaría de Educación Pública SEP, México

Ph. D. Stefan Todorov Kapralov
*South West University, Bulgaria
President of the Professional Football League
in Bulgaria, Bulgaria*

Comité Científico Internacional

Ph. D. Víctor Arufe Giraldez
Universidad de La Coruña, España

Ph. D. Juan Ramón Barbany Cairo
Universidad de Barcelona, España

Ph. D. Daniel Berdejo-Del-Fresno
*England Futsal National Team, Reino Unido
The International Futsal Academy, Reino Unido*

Dr. Antonio Bettine de Almeida
Universidad de Sao Paulo, Brasil

Dr. Javier Cachón Zagalaz
Universidad de Jaén, España

Dr. Oswaldo Ceballos Gurrola
Universidad Autónoma de Nuevo León, México

Ph. D. Paulo Coêlho
Universidad de Coimbra, Portugal

Dr. Paul De Knop
Rector Vrije Universiteit Brussel, Bélgica

Dr. Eric de Léséleuc
INS HEA, Francia

Mg. Pablo Del Val Martín
*Pontificia Universidad Católica del Ecuador,
Ecuador*

Dr. Christopher Gaffney
Universität Zürich, Suiza

Dr. Marcos García Neira

Universidad de Sao Paulo, Brasil

Dr. Misael González Rodríguez

Universidad de Ciencias Informáticas, Cuba

Dra. Carmen González y González de Mesa

Universidad de Oviedo, España

Dr. Rogério de Melo Grillo

Universidade Estadual de Campinas, Brasil

Dra. Ana Rosa Jaqueira

Universidad de Coimbra, Portugal

Mg. Nelson Kautzner Marques Junior

Universidad de Rio de Janeiro, Brasil

Ph. D. Marjeta Kovač

University of Ljubljana, Slovenia

Dr. Amador Lara Sánchez

Universidad de Jaén, España

Dr. Ramón Llopis-Goic

Universidad de Valencia, España

Dr. Osvaldo Javier Martín Agüero

Universidad de Camagüey, Cuba

Mg. Leonardo Panucia Villafañe

Universidad de Oriente, Cuba

Editor Revista Arranca

Ph. D. Sakis Pappous

Universidad de Kent, Reino Unido

Dr. Nicola Porro

*Universidad de Cassino e del Lazio
Meridionale, Italia*

Ph. D. Prof. Emeritus Darwin M. Semotiuk

Western University Canada, Canadá

Ph. D. Mário Teixeira

Universidade de Évora, Portugal

Universidad de Salamanca, España

Dr. Juan Torres Guerrero

Universidad de Nueva Granada, España

Dra. Verónica Tutte

Universidad Católica del Uruguay, Uruguay

Dr. Carlos Velázquez Callado

Universidad de Valladolid, España

Dra. Tânia Mara Vieira Sampaio

Universidad Católica de Brasília, Brasil

*Editora da Revista Brasileira de Ciência e
Movimento – RBCM*

Dra. María Luisa Zagalaz Sánchez

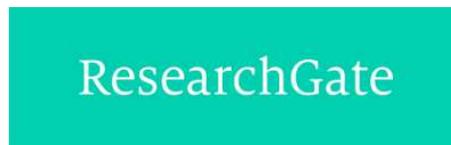
Universidad de Jaén, España

Dr. Rolando Zamora Castro

Universidad de Oriente, Cuba

Director Revista Arrancada

Indización, Bases de Datos y Repositorios Bibliográficos y de Documentación Institucionales





SaberAberto
Repositório Institucional
Universidade do Estado da Bahia



**DIPÓSIT
DIGITAL**

**ANÁLISIS BIOMECÁNICO - ESTADÍSTICO DEL SALTO TRIPLE EN HOMBRES:
MUNDIAL DE ATLETISMO DE LONDON 2017**

**BIOMECHANICAL ANALYSIS - STATISTICS OF THE TRIPLE JUMP IN MEN:
WORLD ATHLETICS CHAMPIONSHIPS LONDON 2017**

MSc. Noel Fernando Mejía Mejía

Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Honduras

ORCID: 0000-0003-1098-523X

nmejia@unah.edu.hn

Fecha de Recepción: 10 de noviembre de 2020 – **Fecha Revisión:** 17 de noviembre de 2020

Fecha de Aceptación: 30 de diciembre de 2020 – **Fecha de Publicación:** 01 de enero de 2021

Resumen

El interés del salto triple se enfoca en la identificación de variables condicionantes para el logro de una mayor distancia. Pese a investigaciones anteriores, aún es posible profundizar en el estudio de diferentes variables. El objetivo del presente estudio es analizar la relación y causalidad entre distintas variables con la distancia oficial y sus fases. En la investigación cuantitativa, se empleó el método estadístico con los procedimientos de correlación, regresión simple y múltiple para el análisis de los datos correspondientes a los doce finalistas masculinos del Mundial de Atletismo de London 2017. La velocidad horizontal correlaciona con: distancia del rebote (-0.748) y paso (-0.110); tiempos de contacto (-0.746) y vuelo (-0.817) del salto; tiempo total del rebote (-0.735). La velocidad vertical correlaciona con: distancia del paso (0.657); tiempos de contacto (0.771), y total (0.659) del paso; tiempos de vuelo (0.770) y total (0.652) del salto; ángulo de despegue del rebote (0.959), del paso (0.959), y salto (0.816). Los predictores encontrados fueron: velocidad horizontal respecto el rebote (-0.36 cm); rebote respecto la distancia oficial (1.17 m); ángulo de despegue respecto la velocidad horizontal (-0.15 m/s), velocidad vertical del rebote (0.13 m/s), paso (0.14 m/s) y salto (0.09 m/s).

Palabras Claves

Salto triple – Velocidad – Ángulo – Tiempo

Abstract

The interest of the triple jump is focused on the identification of conditioning variables for the achievement of a greater distance. Despite previous research, it is still possible to delve into the study of different variables. The objective of this study is to analyze the relationship and causality between different variables with the official distance and its phases. In the quantitative research, the statistical method with the correlation, simple and multiple regression procedures was used to analyze the data corresponding to the twelve male finalists of the 2017 London Athletics World Cup. The horizontal speed correlated with: rebound distance (-0.748) and step (-0.110); contact times (-0.746) and flight (-0.817) of the jump; total bounce time (-0.735). The vertical speed correlated with: step distance (0.657); contact times (0.771), and total (0.659) of the step; flight times (0.770) and total (0.652) of the jump; take-off angle of bounce (0.959), step (0.959), and jump (0.816). The predictors found were: horizontal speed with respect to the rebound (-0.36 cm); rebound from the official distance (1.17 m); take-off angle with respect to horizontal speed (-0.15 m / s), vertical speed of rebound (0.13 m / s), step (0.14 m / s) and jump (0.09 m / s).

Keywords

Triple jump – Speed – Angle – Time

Para Citar este Artículo:

Mejía Mejía, Noel Fernando. Análisis biomecánico - estadístico del salto triple en hombres: Mundial de Atletismo de London 2017. Revista Observatorio del Deporte vol: 7 num 1 (2021): 09-21.

Licencia Creative Commons Attribution Non-Comercial 3.0 Unported
(CC BY-NC 3.0)

Licencia Internacional



Introducción

El salto triple es uno de los cuatro saltos en los eventos de campo del atletismo, y junto al salto largo, consiste básicamente en un salto horizontal, observándose en su ejecución patrones del movimiento parabólico. Las particularidades de su técnica deportiva, hacen de esta prueba un centro de interés en el que se distinguen distintas variables determinantes para el logro del objetivo de la prueba: alcanzar la mayor distancia. Guthrie¹ resume la ejecución y las fases implicadas en la misma: se inicia con la carrera de aproximación que imprime la velocidad horizontal necesaria para el posterior despegue; posteriormente, en la fase de rebote el atleta despegue del suelo con un pie y aterriza con el mismo pie; seguidamente, en la fase de paso el atleta despegue del suelo con un pie y se aterriza con el pie opuesto; finalmente, en la fase de salto el atleta se impulsa para caer en la fosa de arena. Hay² indica que el éxito en el salto triple depende en la distribución del esfuerzo en las tres fases descritas. Tal ejecución y combinación de movimientos exige del atleta un alto nivel físico, fisiológico y técnico³.

Esta ampliamente documentado que la velocidad horizontal y el ángulo son dos variables que condicionan la mayor distancia alcanzada en el salto triple⁴, por su parte Senshi Fukachiro, Kobayashi & Miyashita exponen que “la distancia de un salto está determinada por tres factores principales: la velocidad horizontal, la velocidad vertical y la altura del centro de gravedad en el momento del despegue”⁵. Respecto a la velocidad horizontal se sabe que esta decrece a medida se transita en cada una de las fases, así de una velocidad media de 9.81 m/s en la carrera de aproximación la velocidad media decrece a 9.30 m/s, 8.42 m/s y 7.03 m/s en las fases de rebote, paso y salto, respectivamente⁶. Un hecho igualmente documentado y relacionado con la disminución de la velocidad horizontal es el aumento de la velocidad vertical, como efecto compensatorio; un ejemplo de lo argumentado se observa en los resultados del mundial bajo techo Birmingham⁷, en el que se registró una correlación media y negativa ($r = -0.51$, $p < 0.05$) entre la velocidad horizontal y la velocidad vertical en la fase de rebote, y una correlación media y negativa ($r = -0.53$, $p < 0.05$) entre la velocidad horizontal y la velocidad vertical en la fase de salto.

Respecto al ángulo, Abdelkader, et al⁸ estudiaron la relación del ángulo del pie, pierna, rodilla, cadera, tronco y ángulo de impulso en el despegue de las fases de rebote, paso y salto; entre otros resultados, encontraron correlaciones fuertes e inversas entre el ángulo del pie y el tiempo de vuelo ($r = -0.97$, $p < 0.05$) en la caída de la fase de rebote; correlaciones fuertes e inversas entre el ángulo del tronco y ángulo de despegue ($r = -0.85$,

¹ M. Guthrie, *Coaching Track & Field successfully* (United States: Human Kinetis, 2003).

² J. Hay, “Effort distribution and performance of olympic triple jumpers”, *Journal of applied biomechanic*, num 15 (1999): 36-51.

³ B. Romer & W. Weimar, “Phase ratios of American collegiate triple jumpers”, *Journal of Physical Education and Sport*, Vol: 19 num 1 Art 93 (2019): 645 – 651.

⁴ M. Guthrie, *Coaching Track & Field successfully*...

⁵ Y. Senshi Fukachiro; Kobayashi & M. Miyashita, “A biomechanical study of the triple jump”, *Medicine and science in sports and exercise*, Vol: 13 num 4 (1981): 234.

⁶ C. Tucker; G. Nicholson; M. Cooke & A. Bissas, *Biomechanical report for the IAAF World Championchips London 2017 Triple Jump Men’s*. Leeds Beckett University. IAAF. 2017.

⁷ C. Tucker & A. Bissas, *Biomechanical report for the IAAF World Indoor Championchips Birmingham 2018 Triple Jump Men’s*. Leeds Beckett University. IAAF. 2018.

⁸ G. Abdelkader; R. Madani & S. Bouabdellah, “Impact of the collision and push angles on the phases hop, step and jump in the triple jump and their relationship to the stage of take-off”, *European Journal of Physical Education and Sport Science*, Vol: 4 issue 3 (2018): 183-189.

$p < 0.05$) en la caída de la fase de rebote. Los citados autores destacan la importancia y contribución de los distintos ángulos en el logro de una mayor distancia en el salto, exponiendo que “el ángulo del tronco del atleta contribuye a mantener el centro de gravedad del cuerpo, avanzando en línea recta horizontal y hacia arriba en vertical, esto es para preparar la etapa de empuje, para un despegue adecuado”⁹.

La denominación de la técnica utilizada en el salto triple se realiza de acuerdo a la distribución porcentual de las fases; así en la técnica dominante de rebote (hot-dominated), el porcentaje es al menos 2% mayor que el porcentaje de salto; en la técnica dominante de salto (jump-dominated), el porcentaje del salto es al menos 2% mayor que el porcentaje de rebote; y en la técnica balanceada, el radio entre rebote y salto es menor al 2%.

La Federación Internacional de Atletismo (IAAF) en sus reportes biomecánicos de los mundiales, recolecta una serie de datos a partir de un total de 19 variables relacionadas con el salto triple. De esta manera son diversas las variables estudiadas y analizadas con el fin de establecer cuáles son las variables más determinantes en el salto triple. No obstante, los estudios expuestos con anterioridad, aún es posible profundizar en las correlaciones de diferentes variables. Es así que la finalidad del presente estudio es analizar la relación de dos o más variables con la distancia oficial del salto triple y las distancias de las fases de rebote, paso y salto.

Metodológica

Recolección de los datos y población

La recolección de los datos de cada variable analizada en este estudio, se efectuó a partir del reporte biomecánico de la competencia de salto triple en la rama masculina llevada a cabo en el Mundial de Atletismo de London 2017, los detalles respecto al equipamiento; cámaras, puntos de referencias y el algoritmo utilizado en la recolección de los datos se encuentran en el referido reporte¹⁰. Se registraron los saltos de la final del evento de 12 atletas, siendo esta la población objeto del estudio.

Procedimiento estadístico

Datos referentes a las variables analizadas son proporcionados con valores medios y su desviación estándar. La prueba de normalidad Shapiro-Wilk, fue aplicada con un nivel de significancia de 0.05. Para mostrar la relación entre variables se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson (r), utilizando los siguientes valores en la interpretación de los coeficientes: $r \leq -0.50$ a ≤ 0.50 correlación débil; $r \geq -0.51$ a ≤ -0.75 / $r \geq 0.51$ a ≤ 0.75 correlación media; $r \geq -0.76$ a ≤ -0.90 / ≥ -0.76 a ≤ -0.90 correlación considerable; $r \geq -0.90$ y ≥ 0.90 correlación fuerte¹¹. Se determinó coeficientes de determinación (r^2) por medio del análisis de regresión lineal, de la misma forma se aplicó el análisis de regresión múltiple con el objeto de relacionar dos o más variables independientes, observando la relación de estas sobre una variable establecida como dependiente. Los procedimientos estadísticos fueron desarrollados con el programa de IBMSPSS 20.0, con una significancia estadística de $p = 0.05$ (una y dos colas) y un $p = 0.01$ (una y dos colas).

⁹ G. Abdelkader; R. Madani & S. Bouabdellah, “Impact of the collision and push angles... 186.

¹⁰ C. Tucker; G. Nicholson; M. Cooke & A. Bissas, Biomechanical report for the IAAF...

¹¹ R. Hernández, Metodología de la investigación (México. McGrawHill, 2014).

Variables

Las variables estudiadas son: distancia oficial, distancia de las fases (rebote, paso, salto), velocidad vertical y horizontal (rebote, paso, salto), ángulo del tronco (rebote, paso, salto), ángulo de despegue (rebote, paso, salto), ángulo de la rodilla (rebote, paso, salto), ángulo del muslo de la pierna libre (rebote, paso, salto), velocidad angular del muslo de la pierna libre, altura del centro de masa (cm) (rebote, paso, salto), tiempo de contacto (rebote, paso, salto), tiempo de vuelo (rebote, paso, salto), tiempo total (rebote, paso, salto).

Resultados

Normalidad

Tras identificar la distribución anormal de las variables tiempo total de la fase de paso (contacto y vuelo), velocidad angular de la pierna libre durante el contacto de la fase de paso; se ubicaron y eliminaron los valores atípicos (un caso en cada variable) para la normalización de los datos.

Correlación: distancia total con distancias de las fases rebote, paso y salto

La tabla 1, respecto a la distancia oficial en relación con las distancias de las fases de rebote, paso y salto, muestra que la fase de paso tiene una correlación considerable y positiva (0.767, $p = 0.01$, 2 colas) con la distancia oficial, no así las otras fases.

Correlación distancia oficial y distancia de las fases de rebote, paso y salto. (N:12)

Estadístico	Distancia (m)		
	Rebote	Paso	Salto
	(r) 0.101	(r) 0.767*	(r) 0.404
Distancia oficial (m)	(Sig.) 0.754	(Sig.) 0.004	(Sig.) 0.193

* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: Mejía, 2021.

Tabla 1

Modelo de regresión múltiple: distancia oficial y distancias de las fases rebote, paso y salto

En la tabla 2 se resumen el modelo de regresión múltiple para las variables: distancia oficial (dependiente) y distancias de las fases de rebote, paso y salto (independientes).

La prueba global (F: 271. 873) demuestra que al menos una de las variables es distinta a cero, esto se confirma en las pruebas individuales para los coeficientes de las variables independientes, donde tanto el rebote, el paso y el salto aportan significativamente a la distancia oficial, es decir que son predictores de la distancia.

Modelo de regresión múltiple: distancia oficial y distancias de las fases rebote, paso y salto

Variables independientes	ANOVA		Coeficientes		
	F	Sig.	B	t	Sig.
(Constante)			-.904	-1.003	.345
Distancia del rebote (m)	271.873	.000	1.177	10.630	.000
Distancia del paso (m)			1.020	25.200	.000
Distancia del salto (m)			.946	17.298	.000

Variable dependiente: Distancia oficial

Fuente: Mejía, 2021.

Tabla 2

Correlación: velocidad horizontal y vertical, distancia oficial y distancia de las fases de rebote, paso y salto

Pese a no haber una correlación significativa entre las velocidades horizontales y verticales de las fases de rebote, paso y salto con la distancia oficial, si se observó correlación media y negativa entre la distancia del rebote y la velocidad horizontal de la misma fase ($r = -0.748$, $p = 0.01$). Igualmente se observó una correlación media y positiva en la distancia del paso con respecto a la velocidad vertical de dicha fase ($r = 0.657$, $p = 0.05$). (Tabla 3)

Correlación velocidad horizontal y vertical, distancia de las fases de rebote, paso y salto. (N12)

Variables	Distancia (m)		
	rebote	paso	salto
Velocidad horizontal (m/s)	(r) -.748** (Sig.) .005	(r) -.110 (Sig.) .733	(r) .572 (Sig.) .052
Velocidad vertical (m/s)	(r) .317 (Sig.) .316	(r) .657* (Sig.) .020	(r) .123 (Sig.) .704

**La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

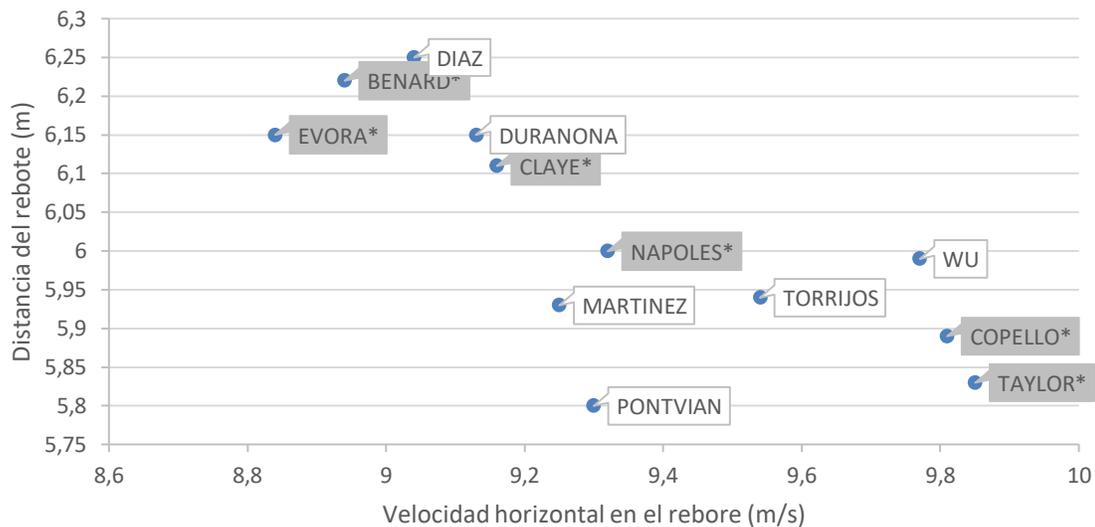
*La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Fuente: Mejía, 2021.

Tabla 3

Respecto a la correlación -0.748 , la figura 1 ilustra que a mayor velocidad horizontal la distancia del rebote se ve reducida. El gráfico muestra que 4 de los 6 finalistas, con una velocidad horizontal media de 9.32 m/s alcanzaron una distancia mayor a los 6 metros en el rebote.

Correlación velocidad horizontal y distancia en la fase de rebote



*finalistas

Fuente: Mejia, 2021.

Figura 1

Modelo de regresión múltiple: velocidad horizontal y vertical, distancia de las fases rebote, paso y salto

Apoyados en los resultados expuestos en la tabla 4, el modelo de la regresión múltiple toma como variable dependiente a la distancia de la fase de rebote y como independientes a las velocidades horizontales y verticales de la misma fase. El análisis ANOVA con un valor F de 6.0 $p = 0.022$, determina un modelo donde la velocidad horizontal reduce la distancia alcanzada en la fase de rebote, a razón de 0.36 cm por cada m/s (Tabla 4).

Coefficientes del modelo de regresión múltiple: distancia de la fase de rebote y velocidad horizontal y vertical.

Modelo	Coeficientes estandarizados		no t	Sig.
	B	Error estándar		
(Constante)	9.624	1.393	6.907	.000
Velocidad horizontal en el rebote (m/s)	-.361	.115	-3.145	.012
Velocidad vertical en el rebote (m/s)	-.080	.165	-.487	.638

Fuente: Mejia, 2021.

Tabla 4

Correlación: velocidad horizontal y vertical, ángulos de proyección

En relación con el ángulo de despegue, la tabla 5 muestra una correlación considerable y negativa con la velocidad horizontal ($r -0.756$, $p = 0.01$) en la fase de rebote. Se muestra una correlación fuerte y positiva entre el ángulo de despegue y la velocidad vertical de la fase de rebote ($r 0.959$, $p = 0.01$), paso ($r 0.959$, $p = 0.01$) y una correlación

considerable y positiva ($r = 0.816$, $p = 0.01$) en la fase de salto, no se reportaron correlación con respecto al ángulo del tronco.

Correlación velocidad horizontal y vertical en las fases, con los ángulos de proyección. (N12)

Variables	Rebote (m/s)		Paso (m/s)		Salto (m/s)	
	Velocidad H	Velocidad V	Velocidad H	Velocidad V	Velocidad H	Velocidad V
Altura CM (cm)	(r).150 (Sig.) .641	(r) -.234 (Sig.) .463	(r).078 (Sig.) .808	(r).046 (Sig.) .887	(r) -.670* (Sig.) .017	(r) .499 (Sig.) .099
Angulo de despegue (°)	(r) -.756** (Sig.) .004	(r) .959** (Sig.) .000	(r) -.384 (Sig.) .218	(r) .959** (Sig.) .000	(r) -.577 (Sig.) .049	(r) .816** (Sig.) .001
Angulo de la rodilla, pierna de apoyo. (°)	(r) .697* (Sig.) .012	(r) -.535 (Sig.) .073	(r) -.202 (Sig.) .530	(r) -.239 (Sig.) .455	(r) -.443 (Sig.) .149	(r) .217 (Sig.) .499

**La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas)

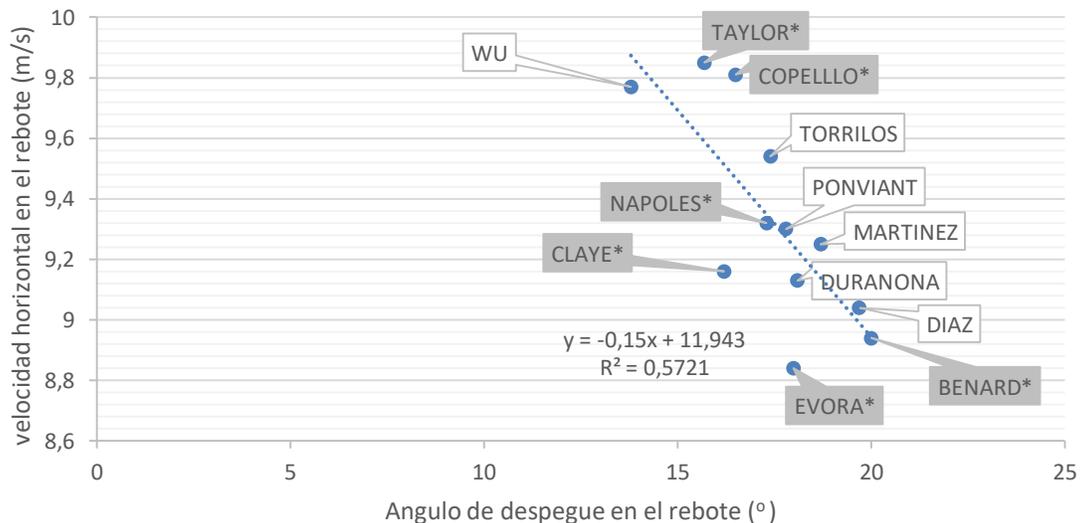
*La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas)

Fuente: Mejia, 2021.

Tabla 5

La figura 2 ilustra la correlación negativa entre el ángulo de despegue y velocidad horizontal, para la fase de rebote ($r = -0.756$).

Correlación velocidad horizontal, ángulo de despegue en la fase de rebote.



*finalistas

Fuente: Mejia, 2021.

Figura 2

La tabla 6 resume el análisis de regresión simple, el que se analiza la capacidad de predicción del ángulo de despegue de las fases sobre la velocidad horizontal.

Modelo de regresión simple: Velocidad vertical, ángulo de despegue.

Variables independientes	ANOVA		Coeficientes			
	F	Sig.	constante	B	t	Sig.
Angulo de despegue (rebote)	111.234	.000	.618	.132	10.767	.000
Angulo de despegue (paso)	114.369	.000	.099	.140	10.694	.000
Angulo de despegue (salto)	19.970	.001	.800	.090	4.469	.001

Variable dependiente: Velocidad vertical

Fuente: Mejía, 2021.

Tabla 6

Correlación: velocidad horizontal y vertical, tiempo total, tiempo de vuelo, tiempo de contacto de las fases

La tabla 7 resume las correlaciones encontradas respecto a la velocidad horizontal y vertical con los tiempos de contacto, de vuelo y total de las respectivas fases. Se reporta una correlación media y negativa entre la velocidad horizontal y el tiempo de contacto en la fase de salto ($r -0.746$, $p = 0.005$); correlación media y negativa entre la velocidad horizontal y tiempo de vuelo ($r -0.817$, $p = 0.001$) y entre el tiempo total ($r -0.735$, $p = 0.006$) en la fase de rebote. Respecto a la velocidad vertical, la correlación es media y positiva entre: velocidad vertical y tiempo de contacto en la fase de paso ($r 0.771$, $p = 0.003$); velocidad vertical y tiempo total en la fase de paso ($r 0.659$, $p = 0.028$); velocidad vertical y tiempo de vuelo en la fase de salto ($r 0.770$, $p = 0.003$); velocidad vertical y tiempo total en la fase de salto ($r 0.652$, $p = 0.022$).

Correlación: velocidad horizontal y vertical, tiempos de las fases, tiempo de vuelo, tiempo de contacto. (N12)

Variable	Velocidad horizontal (m/s)			Velocidad vertical (m/s)		
	Rebote	Paso	Salto	Rebote	Paso	Salto
Tiempo de contacto (rebote, paso, salto)	(r) -.144 (Sig.) .656	(r) -.123 (Sig.) .704	(r) -.746** (Sig.) .005	(r) .272 (Sig.) .392	(r) .771** (Sig.) .003	(r) -.140 (Sig.) .665
Tiempo de vuelo (rebote, paso, salto)	(r) -.817** (Sig.) .001	(r) .021 / (Sig.) .951	(r) -.272 (Sig.) .392	(r) .517 (Sig.) .086	(r) .396 / (Sig.) .228	(r) .770** (Sig.) .003
Tiempo fase (rebote, paso, salto)	(r) -.735** (Sig.) .006	(r) .023 / (Sig.) .945	(r) -.473 (Sig.) .120	(r) .505 (Sig.) .094	(r) .659* / (Sig.) .028	(r) .652* (Sig.) .022

**La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

*La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas)./ N11

Fuente: Mejía, 2021.

Tabla 7

Correlación interna tiempos

Correlacionando los tiempos de contacto, vuelo, y tiempo total de las fases, la tabla 8 reporta los siguientes resultados: correlación considerable y positiva en el tiempo de contacto entre la fase de rebote y la fase de paso ($r 0.798$, $p = 0.002$), correlación media y positiva en el tiempo de contacto entre la fase de rebote y la fase de salto ($r 0.619$, $p = 0.032$), correlación media y positiva en el tiempo de contacto entre la fase de paso y la fase

de salto ($r = 0.604$, $p = 0.037$); correlación media y positiva en el tiempo de vuelo entre la fase de paso y la fase de salto ($r = 0.732$, $p = 0.010$); correlación media y positiva en el tiempo total entre la fase de paso y la fase de salto ($r = 0.638$, $p = 0.035$).

Correlación: tiempo de contacto, tiempo de vuelo, tiempo total de las fases. (N12)

Variable	Tiempo de contacto		Tiempo de vuelo		Tiempo de la fase	
	Paso	Salto	Paso	Salto	Paso	Salto
Rebote	(r) .798** (Sig.) .002	(r) .619* (Sig.) .032	(r) -.101 (Sig.) .767	(r) -.121 (Sig.) .709	(r) .110 (Sig.) .747	(r) -.012 (Sig.) .971
Salto	(r) .604* (Sig.) .037		(r) .732* / (Sig.) .010		(r) .638* / (Sig.) .035	

**La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

*La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Fuente: Mejía, 2021.

Tabla 8

Correlación interna velocidades

No se encontraron correlaciones significativas intra velocidades horizontal y vertical entre las tres fases, excepto en la velocidad vertical entre las fases de paso y salto, cuyo coeficiente muestra una correlación considerable y negativa $r = -0.895$, $p = 0.000$.

Discusión

La correlación considerable y positiva de 0.767, (Tabla 1) de la distancia total con la fase de paso concuerda con los resultados de Romer & Weimar (2019) con un coeficiente aun mayor de $r = 0.90$, $p < 0.001$ respecto a la distancia relativa (%) de la fase de paso, siendo dicha relación mayor que las fases de rebote y salto. Esto, según los citados autores, apoya la hipótesis que una distancia excesiva en el rebote va en detrimento de la distancia oficial. Quizás por ello, los valores medios para las distancias de rebote (6.02 m), paso (4.98 m) y salto (6.04 m) en la competencia de salto triple del mundial de London (2017) refleja una tendencia al uso de una técnica balanceada (nueve, de doce finalistas, utilizaron una técnica balanceada). Igualmente, Senshi, Kobayashi. & Miyashita (1981) Reportaron una correlación en el rebote de $r = 0.68$ y en el paso de $r = 0.59$.

No obstante, el modelo de regresión múltiple (Tabla 2) reporta que es la fase de rebote la que más aporta a la distancia oficial (1.17 m), lo que concuerda con el objetivo de la fase de rebote: lograr poca altura y mayor distancia¹². En ese sentido, estudios como el de Santhosh & Shabu¹³, analizan las variables relacionadas con la fase de rebote; entre ellas, la velocidad horizontal correlaciona considerablemente con la distancia del rebote ($r = 0.876$).

¹² M. Guthrie, Coaching Track & Field successfully... y G. Abdelkader; R. Madani & S. Bouabdellah, "Impact of the collision and push angles..."

¹³ R. Santhosh & S. J. Shabu, "Kinematic analysis on selected biomechanical parameters of hop phase in tiple jump", International Journal of Physiology, Nutrition and Physical Education, Vol: 4 num 2 (2019): 149-151.

Resultados similares se observa en el estudio de Isik¹⁴ en el que la velocidad horizontal correlaciona medianamente y de manera positiva con el rebote y el paso (r 0.63 y r 0.48 respectivamente). En contraparte, la presente investigación reporta una correlación media y negativa entre velocidad horizontal y la distancia del rebote (r -0.748). Al respecto, en la figura 1 se ilustra como a mayor velocidad horizontal la distancia del rebote se ve reducida. Posiblemente las variaciones se deban al control intencionado de la velocidad horizontal a fin de lograr una mejor distribución del esfuerzo en las tres fases, ya que el análisis del movimiento parabólico de los tres saltos revela que, en la fase de rebote una velocidad de 10.23 m/s y un tiempo de 0.604 s, permiten alcanzar una distancia de 5.95 m ($x = V_{ox} t$), sin embargo, los atletas pueden alcanzar distancias superiores o inferiores mediante la modificación del ángulo de proyección, y el consecuente aumento de la velocidad vertical, lo que aumentará o disminuirá la altura del desplazamiento sobre el eje y ($y = V_{oy} t - 4.8 t^2$).

Los resultados de la presente investigación, respecto a la correlación de la velocidad horizontal y vertical en el despegue; r -0.110, r 0.657, respectivamente, con la distancia en la fase de paso (Tabla 3), son consistentes con los resultados de Senshi, Kobayashi & Miyashita¹⁵, quienes reportaron una correlación débil y negativa (r -0.374) entre la velocidad horizontal en el despegue y la distancia del paso, y una correlación considerable y positiva (r 0.801) entre la velocidad vertical y la distancia de la fase de paso. Ambos resultados demuestran la tendencia observada respecto a los cambios de velocidad: a medida se pasa de una fase a otra, la velocidad horizontal desciende y la vertical aumenta.

Así mismo, otras variables correlacionaron con la velocidad horizontal y vertical. Respecto a la velocidad horizontal (Tabla 7) se observaron correlaciones considerables y negativas con el tiempo de contacto de la fase de salto (r -0.746). Sugiriendo que, un mayor tiempo de contacto en la fase de salto, reduce la velocidad horizontal en dicha fase, lo que demuestra que el tiempo de contacto es un “componente significativo en el salto triple”¹⁶. Siempre relacionado a la velocidad horizontal (Tabla 7), las correlaciones media y negativa con el tiempo de vuelo (r -0.817) y con el tiempo total (r -0.735) en la fase de rebote, sugieren un descenso de los tiempos de vuelo y total, a medida que aumenta la velocidad horizontal.

Por el contrario, la correlación media y positiva (Tabla 7), entre la velocidad vertical con el tiempo de contacto (r 0.771), sugiere que este último condiciona de manera directa y proporcional la velocidad vertical y está a su vez el tiempo total de la fase de paso (r 0.659), el tiempo de vuelo (r 0.770) y el tiempo total (r 0.652) en la fase de salto.

Una variable que correlaciono fuerte y positivamente con la velocidad vertical es el ángulo de despegue (Tabla 5); r 0.959 (rebote), r 0.959 (paso) y r 0.816 (salto), sugiriendo que el aumento de la velocidad vertical es directamente proporcional al aumento del ángulo de despegue. Eissa manifestó que “el aumento de los ángulos de despegue conduce a un aumento del tiempo de frenado (contacto), lo que a su vez provoca una disminución excesiva de la velocidad horizontal de una fase de despegue a la siguiente”¹⁷. Así se demuestra en la figura 2, donde se ilustra que mientras mayor es el ángulo de despegue

¹⁴ B. Isik, “Relationships between horizontal velocity variables and jump performance in the triple jump”, *Science, Movement and Health*, Vol: XVII Issue 2 (2017): 96-102.

¹⁵ Y. Senshi Fukachiro; Kobayashi & M. Miyashita, “A biomechanical study of the triple...”

¹⁶ B. Isik, “Relationships between horizontal velocity variables and jump...” 101.

¹⁷ A. Eissa, “Biomechanical Evaluation of the Phases of the Triple Jump Take-Off in a Top Female Athlete”, *Journal of Human Kinetics* Vol: 40 (2014): 34.

menor es la velocidad horizontal (fase de rebote). Igualmente, el modelo de regresión simple indica que, por cada grado de más en el despegue, la velocidad horizontal reduce 0.15 m/s. En cambio, el ángulo de despegue predice un aumento de la velocidad vertical de 0.13 m/s, 0.14 m/s y 0.09 m/s en las fases de rebote, paso y salto respectivamente (Tabla 6).

Respecto a la capacidad de predicción de la velocidad horizontal y vertical sobre la distancia de las fases, los modelos de regresión múltiple mostraron que, en la fase de paso y salto, tales variables no predicen la distancia, según los valores del análisis de varianza de $F = 3.431$, $p = 0.078$ (paso) y de $F = 2.345$, $p = 0.151$ (salto). Por el contrario, si pudo establecerse una capacidad de predicción de la velocidad horizontal sobre la distancia de la fase de rebote: el análisis ANOVA con un valor F de 6.0 $p = 0.022$, determina un modelo donde la velocidad horizontal reduce la distancia alcanzada en la fase de rebote, a razón de 0.36 cm por cada m/s (Tabla 4), lo que concuerda con lo expuesto en la tabla 3 y figura 1.

La tendencia compensatoria en las modificaciones de las velocidades horizontal y vertical se ve marcado por el tiempo de contacto, tiempo de vuelo y tiempo total de cada una de las fases. En lo concerniente al tiempo de contacto, Isik¹⁸ resume los resultados de investigaciones que reportaron un aumento del tiempo de contacto desde la fase de rebote (0.132 s / 0.140 s), paso (0.162 s / 0.170 s), hasta la fase de salto (0.168 s / 0.190 s). En la presente investigación, este aumento se refleja en la correlación entre los tiempos de contacto (Tabla 8); donde el tiempo de contacto en la fase de rebote aumenta el tiempo de contacto en la fase de paso ($r = 0.798$), y este a su vez aumenta el tiempo de contacto de la fase de salto ($r = 0.164$). Estas relaciones concuerdan con los coeficientes negativos reportados por Isik¹⁹ en las fases de rebote ($r = -0.64$) y la fase de salto ($r = -0.62$), sugiriendo que, a mayor tiempo de contacto, menor distancia alcanzada.

Conclusion

Pese la importancia de la velocidad horizontal, esta debe de mantenerse dentro de determinados valores, a fin de evitar la disminución de la distancia de las distintas fases, especialmente en el rebote.

El ángulo de despegue y la velocidad vertical, son determinantes en la distribución del esfuerzo, control de la distancia y la altura del movimiento parabólico en las tres fases.

El tiempo de contacto es un parámetro significativo en el salto triple, presente en la alternancia compensatoria entre la velocidad horizontal y vertical, condicionando la propia velocidad vertical, el tiempo de vuelo y tiempo total de las fases, así como el tiempo de contacto de la fase subsiguiente.

Referencias bibliograficas

Abdelkader, G.; Madani, R. & Bouabdellah, S. "Impact of the collision and push angles on the phases hop, step and jump in the triple jump and their relationship to the stage of take-off". *European Journal of Physical Education and Sport Science*, Vol: 4 issue 3 (2018): 183-189.

¹⁸ B. Isik, "Relationships between horizontal velocity variables and jump..."

¹⁹ B. Isik, "Relationships between horizontal velocity variables and jump..."

Eissa, A. "Biomechanical Evaluation of the Phases of the Triple Jump Take-Off in a Top Female Athlete". *Journal of Human Kinetics* Vol: 40 (2014): 29-35.

Guthrie, M. *Coaching Track & Field successfully*. United States. Human Kinetics. 2003.

Hay, J. "Effort distribution and performance of olympic triple jumpers". *Journal of applied biomechanic*, 15 (1999): 36-51.

Hernández, R. *Metodología de la investigación*. México. McGrawHill. 2014.

Isik, B. (2017) Relationships between horizontal velocity variables and jump performance in the triple jump. *Science, Movement and Health*, Vol. XVII, ISSUE 2, 17 (2). Pp. 96-102.

Romer, B. & Weimar, W. "Phase ratios of American collegiate triple jumpers". *Journal of Physical Education and Sport*, Vol: 19 num 1 Art 93 (2019): 645 – 651.

Santhosh, R. & Shabu, J. S. "Kinematic analysis on selected biomechanical parameters of hop phase in tippel jump". *International Journal of Physiology, Nutrition and Physical Education*, Vol: 4 num 2 (2019): 149-151.

Senshi Fukachiro, Y.; Kobayashi. & Miyashita, M. "A biomechanical study of the triple jump". *Medicine and science in sports and exercise*, Vol: 13 num 4 (1981): 233-237.

Tucker, C. & Bissas, A. *Biomechanical report for the IAAF World Indoor Championships Birmingham 2018 Triple Jump Men's*. Leeds Beckett University. IAAF. 2018.

Tucker, C.; Nicholson, G.; Cooke, M. & Bissas, A. *Biomechanical report for the IAAF World Championships London 2017 Triple Jump Men's*. Leeds Beckett University. IAAF. 2017.

Las opiniones, análisis y conclusiones del autor son de su responsabilidad y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Observatorio del Deporte ODEP**.

La reproducción parcial y/o total de este artículo debe hacerse con permiso de **Revista Observatorio del Deporte ODEP**.