

## ANÁLISIS BIOKINEMÁTICO DE LA FASE DE VUELO DE UN VOLTEO SIMPLE EXTENDIDO ADELANTE CON MEDIO GIRO DE LOS GIMNASTAS HOMBRES DE LA SELECCIÓN COLOMBIA CON RUEDA ALEMANA

*Biokinematic analysis of the flight phase of a simple flying extended forward with a half turn of the men gymnasts of the Colombia team with German wheel*

*Análise biocinemática da fase de vôo de um simples flip estendido para a frente com meia volta dos ginastas homens da equipe Colombia com roda alemão*

### Resumen

El presente artículo muestra un análisis biocinemático del ejercicio volteo simple extendido adelante con medio giro, perteneciente a la disciplina de salto de la gimnasia con rueda alemana. Para el desarrollo del presente estudio se realizaron las grabaciones de 60 saltos gimnásticos ejecutados por tres gimnastas de la selección colombiana y un gimnasta de la selección suiza. Posterior a este proceso, se evaluaron las variables biocinemáticas ángulo de salida y ángulo de rotación, utilizando el *software* Kinovea, versión 0.8.15. Los datos hallados se analizaron con el *software* SPSS, versión 24. Los resultados descriptivos del valor de la media estadística se graficaron y se correlacionaron estadísticamente, lo que permitió validar que un ángulo de salida que oscile entre los 24° y los 27° y un ángulo de rotación cercano a los 180° son los factores que determinan una adecuada ejecución técnica del volteo simple extendido adelante con medio giro. Finalmente, estos hallazgos brindaron elementos al entrenamiento para adicionar un medio giro al elemento gimnástico analizado y permitieron así que un gimnasta colombiano ocupara el sexto puesto en el Campeonato Mundial de Gimnasia con Rueda Alemana, que se llevó a cabo en Suiza durante 2018.

**Palabras clave:** biomecánica, cinemática, gimnasia, rendimiento deportivo.

### Abstract

This article shows a biokinematic analysis of the simple extended forward turning exercise with 1/2 turn, of the jumping discipline of German wheel gymnastics. For the development of the present study, recordings were made of 60 gymnastic jumps executed by

— Oscar Iván Muñoz Vivas  
Adriana Rocío Gutiérrez Galvis  
Marco Vinicio Gutiérrez Casa  
Carlos Andrés Collazos Morales

#### ARTÍCULO INVESTIGACIÓN

Recepción: 13/08/2019  
Aceptación: 28/10/2019

#### PALABRAS CLAVE:

biomecánica, cinemática, gimnasia, rendimiento deportivo.

#### KEYWORDS:

Biomechanics, gymnastics, kinematics, sports performance.

#### PALAVRAS-CHAVE:

biomecânica, cinemática, desempenho esportivo, ginástica.

three Colombian Selection gymnasts and one Swiss Selection gymnast. After this process, the biokinematic variables exit angle and rotation angle were evaluated using the Kinovea software version 0.8.15. The data found were analyzed with the SPSS software version 24, the descriptive results of the statistical mean value were plotted and statistically correlated allowing to validate that an exit angle that oscillates between  $24^{\circ}$  and  $27^{\circ}$  and a rotation angle close to the  $180^{\circ}$ , are the factors that determine an adequate technical execution of the simple turn extended forward with  $\frac{1}{2}$  turn. Finally, these findings provide training elements to add a  $\frac{1}{2}$  turn to the gymnastic element analyzed, thus allowing a Colombian gymnast to occupy sixth place in the German wheel gymnastics world championships, which took place in Switzerland in 2018.

**Keywords:** Biomechanics, gymnastics, kinematics, sports performance.

## Resumo

Este artigo apresenta uma análise biocinémática do exercício simples de giro estendido para frente com  $\frac{1}{2}$  volta, da disciplina de salto da ginástica de roda alemã. Para o desenvolvimento do presente estudo, foram gravados 60 saltos ginásticos executados por três ginastas da Seleção Colombiana e uma Ginasta da Seleção Suíça. Após esse processo, as variáveis bioquinemáticas ângulo de saída e ângulo de rotação foram avaliadas por meio do software Kinovea versão 0.8.15. Os dados encontrados foram analisados com o software SPSS versão 24, os resultados descritivos da média estatística foram plotados e correlacionados estatisticamente permitindo validar que um ângulo de saída que oscila entre  $24^{\circ}$  e  $27^{\circ}$  e um ângulo de rotação próximo aos  $180^{\circ}$ , são os fatores que determinam uma execução técnica adequada do giro simples estendido para frente com  $\frac{1}{2}$  giro. Por fim, esses achados fornecem elementos de treinamento para agregar  $\frac{1}{2}$  volta ao elemento ginástico analisado, permitindo assim a uma ginasta colombiana ocupar a sexta colocação no campeonato mundial de ginástica de roda alemão, realizado na Suíça em 2018.

**Palavras-chave:** biomecânica, cinemática, desempenho esportivo, ginástica.

## Introducción

La gimnasia con rueda alemana es un deporte que retoma elementos de la gimnasia artística y los combina con movimientos en la rueda alemana. Esta práctica se lleva a cabo en cuatro disciplinas competitivas: línea recta, espiral, salto y rueda Cyr (IRV, 2016). Para el juzgamiento de la ejecución de un salto gimnástico se especifica una evaluación que tiene cuatro unidades de ejecución (fase de lanzamiento de la rueda y carrera de impulso, fase de subida sobre la rueda, fase de vuelo y fase de aterrizaje), en las que tan solo los jueces evalúan las tres últimas (IRV, 2010).

Un análisis biocinémático tiene elementos específicos que permiten abordar estudios minuciosos de un gesto técnico con el fin de llegar a una ejecución apropiada. Por tratarse de una rama de la biomecánica, el análisis biocinémático permite describir el movimiento en seres humanos, sin tener en cuenta las fuerzas que actúan, en función del ángulo o la posición relativa de las articulaciones (Arroyo Martín, 2013).

En el contexto de la gimnasia con rueda alemana, no hay estudios relacionados con un análisis biocinémático; por lo tanto, no se conocen las características de una adecuada ejecución del ejercicio volteo simple extendido adelante con medio giro, de la disciplina salto, factor que genera dificultad para que los gimnastas de la selección

colombiana con rueda alemana obtengan mejores resultados en las participaciones de campeonatos mundiales. En vista de estas problemáticas, se planteó este proyecto de investigación que analizó biocinémicamente el ángulo de salida, la altura del centro de gravedad, el tiempo de vuelo y los ángulos de rotación de la fase de vuelo de un ejercicio gimnástico, estableciendo como referente de investigación la pregunta: “¿Cuál es el comportamiento de los factores biocinémático que afectan la adecuada ejecución de un volteo simple extendido adelante con medio giro en la disciplina salto de los gimnastas hombres de la selección colombiana con rueda alemana?”. Una vez identificadas las características de una adecuada ejecución técnica, esto permitirá tecnificar y enriquecer los procesos de enseñanza-aprendizaje del salto gimnástico analizado.

## Método

### Participantes

El estudio estuvo constituido por 60 saltos ejecutados por tres atletas hombres que hacen parte de la selección colombiana de gimnasia con rueda alemana, que se identificaron con los números 1, 2 y 3 (talla:  $1,68 \pm 0,04$ ; peso:  $61,46 \pm 6,09$ ; índice de masa corporal [IMC]:  $21,80 \pm 3,13$ ) y un gimnasta que conforma el equipo de la selección suiza (talla: 1,83; peso: 1,83; IMC: 23,9), que se identificó con el número 4 y fue considerado como el *gold standar* de una correcta ejecución por su desempeño técnico a nivel mundial. Los gimnastas realizaron 15 repeticiones del ejercicio volteo simple extendido adelante con medio giro. Todos los saltos fueron grabados (tabla 1).

**Tabla 1.** Composición corporal de los gimnastas

Gimnasta	País	Edad	Género	Peso	Talla	IMC
1	Colombia	19	M	54,5	1,73	18,2
2		22	M	64,1	1,66	23,3
3		19	M	65,8	1,66	23,9
4	Suiza	25	M	80,0	1,83	23,9

**IMC:** índice de masa corporal; **M:** masculino.

**Fuente:** propia de los autores.

Finalmente, hay que mencionar, además, que dentro los hallazgos de tipo descriptivo de alcance correlacional se desarrolló una comparación estadística de las variables del estudio, una evaluación cualitativa de los jueces expertos en la disciplina salto y un modelamiento parabólico; estos elementos permitieron validar las características de una adecuada ejecución de un volteo simple extendido adelante con medio giro. Como elemento actual a este proceso investigativo, se complementa con el sexto puesto obtenido en el Campeonato Mundial en Suiza, 2018, al adicionar medio giro al volteo simple adelante analizado, lo que permite determinar una nueva validación al hallazgo de la variable ángulo de rotación.

### Diseño del estudio

Este proceso de investigación tuvo un enfoque de tipo mixto y un diseño descriptivo de alcance correlacional, dado que se describieron y relacionaron dos variables biocinémáticas que detallaron el comportamiento de una ejecución técnica en la disciplina salto de la gimnasia con rueda alemana.

El presente estudio contó con la aprobación del comité de investigaciones, con el número de radicado M.C.T.D.A 16104, y de ética, con el número de radicado CEI 171503-20, por parte de la Universidad Manuela Beltrán. De esta manera, se procedió a desarrollar

la investigación diseñando como primer paso una base de datos que permitió registrar las mediciones antropométricas de los cuatro gimnastas y los resultados de las variables biocinématicas evaluadas con la herramienta de medición Kinovea 0.8.15.

Para la ejecución se implementó una prueba piloto, que consistió en grabar con una cámara de alta definición cinco ejecuciones del salto volteo simple extendido adelante con medio giro, movimiento ejecutado por los gimnastas. Dicho pilotaje permitió crear el protocolo de grabación en el idioma español, que posteriormente se tradujo al inglés, de manera que los videos de toma de la muestra de la investigación cumplieran los mismos parámetros y facilitaran la evaluación de las variables de estudio.

En relación con la recopilación de datos, se utilizó una videocámara de alta definición marca Sony FDRAX53 4K HD, con velocidad de 120 cuadros por segundo, zoom óptico de 20x y zoom claro de 40x, con el fin de grabar el entrenamiento rutinario del ejercicio gimnástico analizado y obtener los videos para su respectivo análisis.

### *Protocolo de grabación*

Para llevar a cabo la toma de los datos se diseña un protocolo de grabación, donde se establece las siguientes pautas: la cámara para la grabación debe ser de alta definición; este elemento debe estar ubicado al lado del gimnasta que realiza la rotación y a 2,60 m de distancia entre el suelo y el lente de la videocámara. El gimnasta debe portar 17 marcadores corporales definidos en el protocolo de Davis. Además, también debe portar pantaloneta y camisa deportiva de color negro.

Posterior al registro de los videos, se evaluaron las variables biocinématicas con el siguiente procedimiento: el ángulo de salida fue ubicado con el marcador corporal del quinto metatarsiano del pie derecho y toma como medida el primer despegue que este realiza. En cuanto al ángulo de rotación, se referencia el marcador del hueso acromion, ubicado al lado del gimnasta cuando realiza el giro; se mide la primera rotación que este lleva a cabo sobre la fase de vuelo. Estas variables de estudio se analizaron con la herramienta de medición tecnológica y de libre descarga Kinovea, versión 0.8.15.

### *Videogrametría*

Para este procedimiento de medición biocinémática de las variables de estudio, se dividen los cuadros de movimiento en los que se desarrolla un gesto técnico. Luego se puntualizan los marcadores corporales utilizando las herramientas de medición que tiene el software Kinovea, versión 0.8.15. Bajo esta estructura se observó, analizo y evaluó la ejecución del gesto motor característico de la investigación, como se muestra en la figura 1.

**Figura 1.** Variables de estudio



Fuente: propia de los autores.

## Análisis de los datos

En relación con el análisis descriptivo y la correlación de las variables biocinemáticas que fueron medidas con el *software* Kinovea 0.8.15, se registraron en una base de datos los resultados obtenidos, que posteriormente fueron analizados con el *software* estadístico SPSS versión 24.

Para el análisis descriptivo se graficaron los resultados arrojados por el *software* estadístico, utilizando el programa informático Excel 2010, que toma como referente el valor de la media estadística hallada en los análisis de las variables de estudio. A través de gráficos de barras se analizó el comportamiento de la ejecución técnica del movimiento gimnástico presentado por cada uno de los deportistas participantes y se identificaron las características de una adecuada ejecución para un volteo simple extendido adelante con medio giro.

A su vez, se midió el grado de relación que se encuentra entre las variables de estudio y se utilizó la prueba de correlación de Rho de Spearman, con el fin de conocer el nivel de asociación que hay entre la variable ángulo de salida y la variable ángulo de rotación, que permitieron validar los hallazgos identificados en el análisis descriptivo.

## Resultados

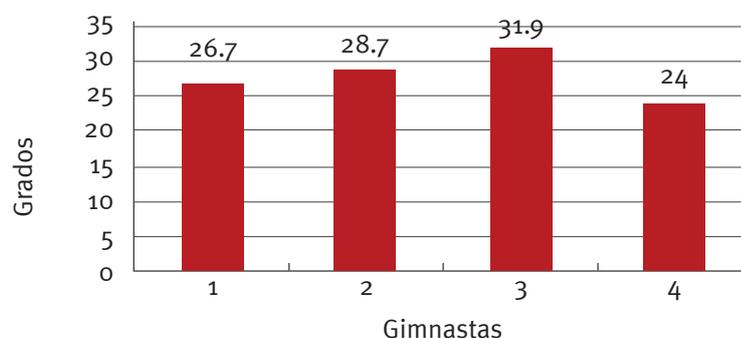
### Análisis descriptivo de una adecuada ejecución del gesto técnico de volteo simple extendido adelante con medio giro

A continuación, se presenta el análisis de los resultados que obtuvieron los tres gimnastas de la selección colombiana y el gimnasta de la selección suiza en la grabación de las ejecuciones del ejercicio gimnástico volteo simple extendido adelante con medio giro.

#### Variable ángulo de salida

Se encontró que el gimnasta internacional (número 4) y el gimnasta identificado con el número 1 de la selección colombiana evidenciaron el menor ángulo de salida, como se aprecia en la gráfica 1. Por lo tanto, a través del análisis descriptivo del referente internacional se identificó que los rangos de 24° y 27° son la primera característica fundamental para alcanzar una adecuada ejecución del salto evaluado.

Gráfica 1. Variable del ángulo de salida

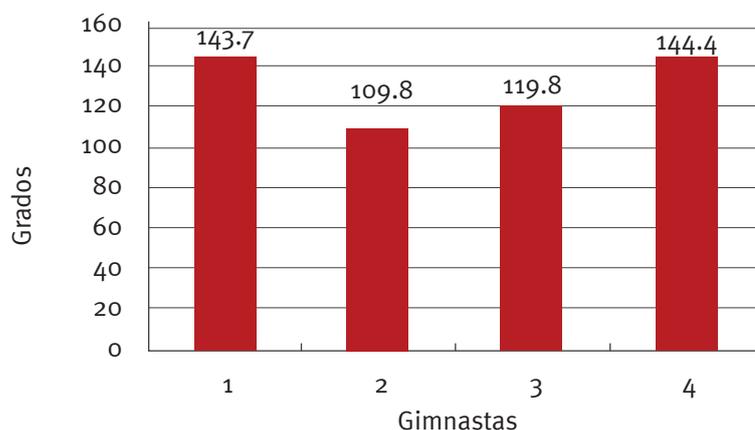


Fuente: propia de los autores.

## Variable ángulo de rotación

En esta variable de estudio se hallaron diferencias de mayor resultado entre los valores de la media estadística que obtuvo el gimnasta internacional ( $144,4^\circ$ ) en comparación con los gimnastas de la selección colombiana número 2 ( $109,8^\circ$ ) y 3 ( $119,8^\circ$ ), como se evidenció en la gráfica 2. En contraste con lo anterior, para una adecuada ejecución del salto, la rotación del cuerpo debe estar en el punto más alto de la fase de vuelo; es decir, lo más cerca de los  $180^\circ$ , esto para realizar el medio giro. En el caso de la ejecución de un giro completo, el ángulo adecuado inicia en  $145^\circ$  adicionando potencia de empuje con los brazos para la rotación. Además, es importante que el gimnasta mantenga un control del movimiento o ajuste postural, puesto que antes de llegar al medio giro, el ángulo de la cadera debe mantenerse en un ángulo menor de  $160^\circ$  (IRV, 2010). De esta manera, el elemento gimnástico alcanzara una mejor técnica de ejecución.

Grafica 2. Ángulo de rotación



Fuente: propia de los autores.

## Correlación estadística de las variables de estudio

Para este proceso se realizó la prueba estadística Rho de Spearman. Este análisis permite identificar que en la mayor altura del centro de gravedad del ángulo de salida entre  $24^\circ$  y  $27^\circ$  grados se genera un mejor punto de rotación del eje longitudinal del cuerpo en la fase de vuelo, elemento que determina una adecuada finalización del gesto técnico ejecutado.

## Discusión

La fase de impulso es un elemento que caracteriza los movimientos que incluyen saltos en la gimnasia rítmica y artística; sin embargo, al realizar los análisis estadísticos pertinentes a la práctica de la disciplina salto de la gimnasia con rueda alemana, se determina que, para la fase de impulso, es importante que el ángulo de salida oscile entre los  $24^\circ$  y los  $27^\circ$ . Así las cosas, un ángulo inferior a estos grados dificultará que el gimnasta

perciba la altura adecuada para realizar la rotación del cuerpo en la fase de vuelo. De la misma manera sucede si el ángulo de salida es superior a los valores hallados: el gimnasta presentará mayor velocidad de impacto en la finalización del salto.

Con respecto a los ángulos de rotación del cuerpo en el eje longitudinal, durante la fase de vuelo se identifica que el movimiento del medio giro se debe realizar entre el cuadrante ubicado entre los  $90^{\circ}$  y  $180^{\circ}$ . Estos rangos generan en el movimiento mayor calidad de ejecución (Sáez & Gutiérrez, 2008). A pesar de que esta característica técnica se evidenciara en los saltos de los gimnastas analizados, con el presente estudio se encuentra que, para obtener una adecuada ejecución, es importante que la rotación del cuerpo en la fase de vuelo se realice cuando el eje longitudinal del cuerpo esté cercano a los  $180^{\circ}$  y en el punto más alto del centro de gravedad (IRV, 2010). Por lo tanto, un ángulo de rotación no debe ser menor de  $145^{\circ}$ , dado que genera mayor espacio al gimnasta para realizar otras rotaciones. En contraste, si el ángulo sobrepasa los  $180^{\circ}$ , genera dificultad para realizar correctamente el medio giro; por lo tanto, este factor dificultará la finalización correcta de la ejecución del salto.

El ángulo de rotación menor de  $145^{\circ}$  es un hallazgo aplicado al entrenamiento del ejercicio de volteo simple extendido adelante con un giro completo, además de la potencia de empuje de los brazos para la rotación. Estos elementos permiten direccionar el entrenamiento técnico adecuado, que llevó al resultado de un sexto puesto obtenido por un gimnasta colombiano en la competencia mundial celebrada en Suiza durante el 2018.

## Conclusiones

Se puede concluir que los elementos para una correcta ejecución de un volteo simple extendido adelante con medio giro se encuentran en un ángulo de salida que oscile entre los  $24^{\circ}$  y los  $27^{\circ}$  y un ángulo de rotación cercano a los  $180^{\circ}$ . A su vez, se identifica que a mayor altura del centro de gravedad de un ángulo de salida entre  $24^{\circ}$  y  $27^{\circ}$ , mejor será el punto para realizar la rotación del eje longitudinal del cuerpo en la fase de vuelo, elemento que determina una adecuada finalización del gesto técnico ejecutado. Por último, se evidenció que un atleta presenta características similares a una mejor ejecución técnica o *performance* al tomar como referente el *gold standar* del estudio. Por tanto, con la presente investigación se identificaron aspectos que permiten enriquecer los procesos técnicos del entrenamiento deportivo de la disciplina salto de la gimnasia con rueda alemana. Además de este análisis, se valida que el ángulo de rotación a partir de los  $145^{\circ}$  y con una potencia de empuje con los brazos genera una adecuada ejecución del volteo simple extendido adelante con un giro completo, hallazgo determinado con el resultado obtenido en el Campeonato Mundial de Gimnasia con Rueda Alemana realizado en suiza en 2018.

## Agradecimientos

Se agradece a la Federación Internacional de Gimnasia con Rueda Alemana (IRV), en especial al presidente Henning Henningsen, a los jueces expertos en la disciplina salto, dirigidos por Miriam Kaufmann, al gimnasta suizo Matthias Reich y a los gimnastas de la selección colombiana: Junior Salcedo, Víctor Murillo y Nicolás Portela. Finalmente, a la Universidad Manuela Beltrán por su apoyo con la logística de las cámaras de alta definición.

## Referencias

---

- Arroyo Martín, J. (2013). *Propuesta de un protocolo de pruebas de evaluación cinética del miembro inferior: estudio de criterios de referencia en una población control* [tesis de doctorado, Universidad Complutense de Madrid]. E-Prints Complutense. <https://bit.ly/3wSTiAB>
- IRV. (2010). International wheel gymnastics federation.
- IRV. (2016). International Wheel Gymnastics Federation. Recuperado el 22 de Enero de 2016, de <http://www.rhoenrad.com/en/index.html>.
- Sáez, F. & Gutiérrez, Á. (2008). La génesis de las rotaciones gimnásticas (II). Rotaciones generadas en vuelo. *Kronos, Revista Universitaria de la Actividad Física y el Deporte*, 7(13), 52-62. <https://bit.ly/3sfxfAz>
-