

## INDICADORES CINEMÁTICOS DEL SALTO EN EXTENSIÓN

### *KINEMATICS INDICATORS OF STRETCH JUMP*

#### **Ligia Diener-González**

Magíster en Entrenamiento Deportivo

Facultad de Educación. Universidad Mayor, Chile

ligia.diener@live.cl

#### **Esteban Aedo-Muñoz**

Doctor en Ciencias de Motricidad Humana

Departamento de Educación Física. Universidad de la Frontera, Chile

Unidad de Ciencias del Deporte, Centro de Alto Rendimiento, Chile

Laboratorio de Ciencias de la Actividad Física. Universidad de Santiago, Chile

estebanaedo@gmail.com

#### **RESUMEN**

El objetivo de este artículo consistió en determinar los indicadores cinemáticos más relevantes en la técnica de salto en extensión, utilizando los propósitos mecánicos de cada fase como elemento de conexión. Se efectuó una revisión sistemática de carácter cualitativo con una búsqueda inicial de 76 documentos científicos, de ellos, se seleccionaron 14 por cumplir con las palabras claves salto, gimnasia artística y cinemática, con sus respectivas combinaciones. Se logró concluir que los indicadores cinemáticos más relevantes fueron: aceleración, velocidad, desplazamiento, trayectoria, tiempo de contacto con el trampolín y el porcentaje de deformación del mismo, altura del centro de masa, tiempo de vuelo, desplazamiento del centro de masa, trayectoria del centro de masa, ángulo relativo coxofemoral, y la relación centro de masa con base de sustentación.

#### **Artículo de revisión**

**PALABRAS CLAVE:** gimnasia artística, salto en extensión, cinemática, acrobacia, trampolín, habilidades gimnásticas

#### **ABSTRACT**

The aim of this article was determine the most relevant kinematic indicators in technique extension jump used mechanical purpose of each phase as a connecting element. This article used a systematic review with a intend search of 76 scientific documents fulfilling the key words; jump, artistic gymnastic and kinematic and their respective combinations of which 14 were selected. One of the conclusion found was that the most relevant kinematic indicators were: distance, acceleration, velocity, displacement, trajectory, trampoline contact time, percentage trampoline strain, height center of mass, flight time, displacement mass of center, trajectory center of mass, hip relative angle, relation mass of center with support base.

**KEYWORDS:** artistic gymnastic, stretch jump, refuse, kinematic, acrobatic, gymnastics skills

#### **INTRODUCCIÓN**

Dentro de la clasificación genérica de los saltos, estos se pueden dividir en la dirección y acciones del vuelo (Etapé, 2002), siendo la primera la que presenta mayor interés por parte de los investigadores. Según la dirección del salto, este se pueden dividir en horizontal y vertical (Ibañez, Martín y Zamarro, 1989). En el inicial el cuerpo es trasladado de modo horizontal a algún punto más allá, desde donde se comenzó el salto (Izquierdo, 2008). Por su parte, en el salto vertical se eleva el cuerpo en contra de la gravedad, cayendo de nuevo sobre el mismo punto o en otro más alto.

El objetivo del salto en extensión es obtener la máxima altura del centro de masa (CM), como resultado de la aceleración por la fuerza de impacto aplicada en el trampolín (Aldazabal, 2010). Sanchez-Bañuelo (1992) afirmó: “El salto implica un despegue del centro de gravedad, desde el suelo, como consecuencia de la extensión violenta de una o ambas piernas”. Esto constituye una gran complejidad para el deportista, pues precisa generar fuerza y velocidad sin descender el CM durante las últimas zancadas; la combinación óptima de la aceleración y la altura, es una de las claves del rendimiento en esta disciplina (Bradshaw, 2004), por ello, se consideró relevante indagar de forma prioritaria en las variables cinemáticas intervinientes en el salto, con el fiel propósito de proporcionar herramientas concretas para su adecuada enseñanza.

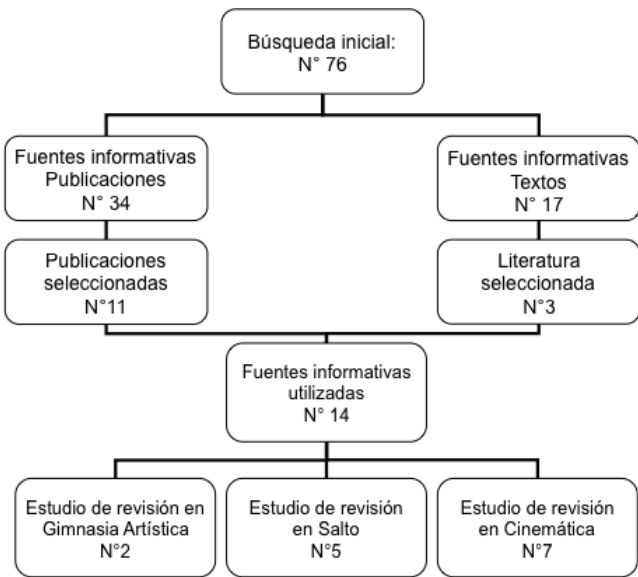
En la actualidad, el estudio de la técnica deportiva (TD) debe generar un análisis de mayor profundidad que tan solo el estudio pedagógico (Aedo y Bustamante, 2012), el cual se utiliza de forma principal en la transmisión de las fases de una TD, omitiendo información esencial para orientar de manera óptima hacia un objetivo técnico. Esa variable debe entenderse como una secuencia de movimientos organizados y orientado a la resolución de una tarea motora concreta, acorde con las reglas de competición según Barrios y Ranzola (1999) y Bermejo (2013), además, cada una de sus expresiones debe por obligación, poseer un objetivo general de rendimiento (OGR), el cual se corresponde con la característica de la técnica implicada en el cumplimiento de dicha tarea motora (Izquierdo, 2008).

Cada TD se divide en fases con sus propósitos mecánicos (PM). Los últimos hacen referencia a la gran característica mecánica a conseguir en la fase dada. En cada PM es necesario obtener los indicadores biomecánicos (IB), también denominados objetivos biomecánicos (OB), estos corresponden a todos los indicadores cinemáticos (ICm) e indicadores cinéticos (ICn) derivados del PM. Los ICm son aspectos evaluables por la biomecánica del deporte, enfatizado en el estudio del movimiento, con independencia de las causas que podrían modificarlo (Ibañez et al., 1989; Aedo y Bustamante, 2012).

**METODOLOGÍA**

La siguiente revisión se basa en uno de los ejercicios básicos del elemento salto en gimnasia artística (GA), con el objeto de describir ICn que representan la efectiva ejecución del salto. Se realizó una revisión sistemática de características cualitativas utilizando fuentes de información de los últimos 30 años en bases de datos; *Google Scholar*, *Google Books*, *Dialnet* y *SciELO*, junto a una búsqueda específica en las revistas *Medicine and Science in Sport and Exercise*, *Journal of Biomechanics*, *British Journal of Sports Medicine* y *Journal International Sport of Biomechanics*, considerando como palabras claves y sus combinaciones al salto, gimnasia artística y cinemática. Se excluyeron los estudios vinculados a algunas de las categorías como: estudios publicados en forma de resumen y/o comunicaciones cortas, no escritos en inglés o español y aquellos cuyo rigor y formalidad no concordaran con las características necesarias para esta revisión.

**Figura 1. Descripción de la revisión**



Para alcanzar esta propuesta se ejecutó una búsqueda en 76 documentos donde: ocho artículos fueron excluidos por falta de palabras claves, 15 artículos quedaron exentos de la revisión por no abordar el tema particular y 14 textos se descartaron por no contener valores cinemáticos de interés para este estudio. Aplicando los criterios mencionados con anterioridad, se utilizaron 14 fuentes de información para la construcción de este artículo de revisión: dos para la GA, cinco para el salto y siete para la cinemática.

### **Fundamentación**

Los registros bibliográficos históricos del salto, encuentran sustento principalmente en fases de la TD (García-Pinillos, Ruiz-Ariza, Moreno del Castillo, & Latorre-Roman, 2015)(Knirsch, 1974)(Araújo, 2004). Pero desde el 2017 se han consignado tres nuevas etapas en el proceso de entrenamiento en GA, seguidos de una directriz pedagógica y especializada, la cual conduce a la obtención de una óptima y adecuada forma competitiva (*Federation International Artistic Gymnastic*, 2017). Estas son:

1. Preparación coreográfica
2. Preparación física
3. Preparación metodológica

En algunos estudios de (Boldrini, Carrara, Serrao, Amadio, & Mochizuki, 2016) y de (Bermejo, 2013), se observó como el enlace entre GA y cinemática todavía no posee un desarrollo a profundidad. Además, resultó complejo dentro de la base bibliográfica en modalidad de salto en GA, establecer las variables cinemáticas intervinientes en su correcta ejecución, incluyendo el OGR y el PM de cada fase de la TD.

Tabla 1. Tabla resumen de la revisión

Nº	Autor	Muestra	Método	Variable cinemática	Resultado
1	Boldrini, S., Carrara, P., Serrao, J., Amadio, A. y Mochizuki, L. (2016)	40 artículos con variables de mano y salto	Revisión bibliográfica cualitativa	Energía cinética y energía potencial	Durante la preparación, el gimnasta corre para aumentar la energía cinética y aumentar la energía mecánica a las rotaciones lineales y angulares que se realizarán en el 2º vuelo
2	Hassan, H.S., Hanna, S.J., y Ameen, F.M. (2015)	40 estudiantes universitarios	Variaciones cinéticas producto de retroalimentación	Fuerza de reacción e impulso	La teoría de la información acerca de biomecánica obtenida por el estudiante influye en mejorar el desempeño de la habilidad saltar en gimnasia artística mediante la utilización de una plataforma de salto
3	Bradshaw, Hume, Calton, y Aisbett (2010)	13 gimnastas australianos de alto rendimiento	Sistema de retroalimentación de salto en gimnasia a medida	Velocidad y tiempo de contacto	Las medidas de velocidad de contacto con una alfombra integrada en la placa de golpe, pueden utilizarse confiablemente para evaluar salto en gimnasia
4	Bradshaw, E. (2004)	5 gimnastas elite 13 a 15 años	Sistema de captura dos dimensiones	Variables cinemáticas	Incluir ejercicios que mejoran la capacidad de carrera, durante la ejecución del salto
5	Aedo, E. y Bustamante, A. (2011)	13 artículos	Revisión bibliográfica cualitativa	Conceptualización de Biomecánica	Tareas de la biomecánica en el deportista son: Describir las técnicas deportivas., corregir defectos de la técnica deportiva, proponer técnicas más eficientes y eficaces
6	Bradshaw, E. y Sporrow, W. (2001)	5 ensayos para 5 gimnastas	Se colocaron dos tiras de referencia con intervalos alternos de 50cm en blanco y negro, a cada lado del área de aproximación más 1 plataforma elevada para dos jueces calificados	Variables importantes del salto	Una mayor velocidad de aproximación conduce a un aumento de la velocidad de redondeo ( $p \leq 0.01$ ), dando como resultado un rápido y corto despegue de la tabla ( $p \leq 0.01$ )
7	<i>Federación Internacional de Gimnasia-FIG.</i> (2017)	Niveles Internacionales	Método de expertos y aprobado por el Comité Ejecutivo FIG, actualizado después del Curso Intercontinental de Jueces GAF (12 al 18/diciembre/ 2016)	Código de puntuación en GA	Código de puntuación para juegos olímpicos, campeonatos del mundo, competencias regionales e intercontinentales y eventos con participantes internacionales
8	<i>Federación Internacional de Gimnasia .</i> (2017)	Niveles Americanos	Diseño, preparación y presentación de los ejercicios por el Comité de Programa Olímpico y el Comité Técnico	Código de puntuación en mujeres	Código de evaluación para gimnasia

9	Jackson, M. (2010)	1 gimnasta	Se desarrolló un modelo de simulación en la fase de contacto con la mesa del salto en gimnasia	Cinemática del salto	El momento angular disminuía siempre durante la fase de contacto con la mesa de salto, aunque las reducciones eran menores cuando se maximizaba la rotación después del vuelo
10	Mkaouer, B., Jemni, M., Amara, S., Chaabene, H. y Tabka, Z. (2013)	5 gimnastas de alto nivel	A través de una placa de fuerza sincronizada con un sistema de análisis de dos dimensiones para recopilar los datos cinéticos y cinemáticos	Cinemática y cinética del salto	Mayor elevación del centro de masa en la fase de vuelo permite mejorar el rendimiento y amenizar el riesgo de caídas. La serie de óptima sería <i>rondat, flic-flac</i> a salto en extensión, lo que daría mejor altura en el salto
11	Requejo, Ph.; McNitt-Gray, J. y Flashner, H. (2004)	3 gimnastas de elite	Modelo dinámico multi-variante experimentalmente validado	Cinemática del hombro	La modificación en la torsión del hombro durante la fase de vuelo permite a gimnastas mantener la cinemática del tren inferior
12	Ibáñez, J. (1989)	No tiene	Método de investigación cuantitativa	Variables físicas	Análisis de la cinemática
13	Izquierdo, M. (2008)	No tiene	Método de investigación cualitativa y cuantitativa	Biomecánica	Análisis biomecánico en actividad física
14	Etapé, E. (2002)	No tiene	Método de investigación cualitativa	Acrobacia	Análisis técnico del salto

RESULTADOS

El OGR del SE es obtener la máxima altura del cuerpo en extensión como resultado de la aceleración durante la carrera. La propuesta más regular en esta TD divide en seis fases el gesto (*Federation International Artistic Gymnastic*, 2017), junto a lo anterior se describirá el PM de cada una de ellas, con los respectivos ICm evaluables.

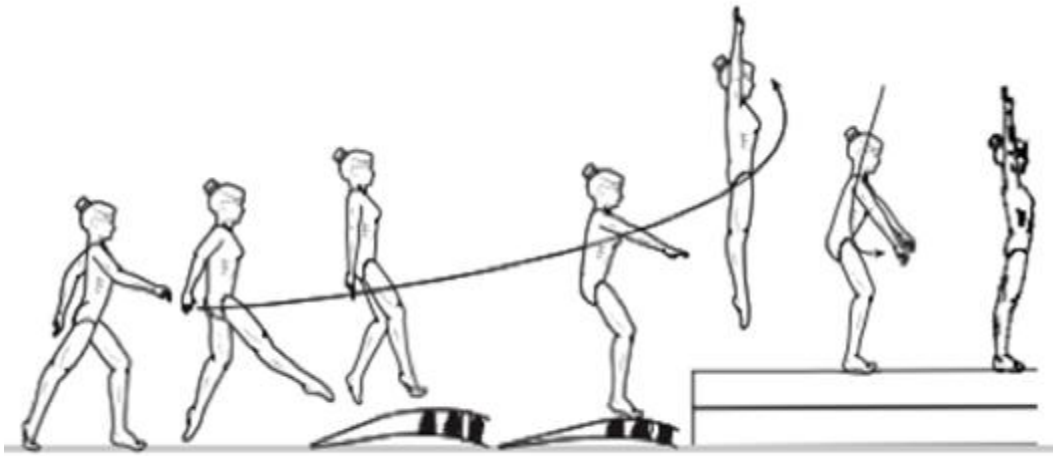


Figura 3. Secuencia de técnica deportiva



Figura 4. Fase entrada

1. **Entrada:** la gimnasta se mantiene en posición erguida enfocando al trampolín. El número sugerido de pasos de carrera varía entre siete y nueve aproximadamente (Koll et al., 2013).
- PM: Distancia óptima entre la gimnasta y el trampolín
  - ICm: Distancia ( $d$ )

2. **Carrera:** aumento de la velocidad en la carrera fijando la vista hacia el trampolín
- PM: aceleración de carrera
  - ICm: aceleración( $a$ ) y velocidad ( $v$ )



Figura 5. Fase de carrera

3. **Rechazo:** manteniendo la velocidad, por medio de un pie, los brazos se balancean hacia delante y ambas rodillas suben para rebotar con ambos pies en el trampolín (Koll et al., 2013)(Hassan, Hanna, & Ameen, 2015)(Mkaouer, Jemni, Amara, Chaabene, & Tabka, 2013)
- PM: acumulación de energía elástica
  - ICm: porcentaje deformación del trampolín ( $\%def$ )
  - Tiempo de contacto con el trampolín ( $T_{ct}$ )
  - Desplazamiento ( $d$ )



Figura 6. Fase de rechazo

4. **Vuelo:** elevar el cuerpo mostrando una extensión durante el vuelo (Koll et al., 2013)(E. J. Bradshaw & Sparrow, 2001)y (Mkaouer et al., 2013)
- PM: Elevación del centro de masa
  - ICm: altura del centro de masa ( $h_{CM}$ ), tiempo de vuelo ( $T_v$ )
  - Trayectoria del centro de masa ( $t_{CM}$ )
  - Ángulo relativo coxofemoral ( $<^\circ$ )



Figura 7. Fase de vuelo

5. **Aterrizaje:** tomar contacto con el colchoneton a través de ambos pies con precisión. Mantener los brazos extendidos al frente y las piernas en posición



Figura 8. Fase de aterrizaje

- de cuclillas (Koll et al., 2013; Jackson, 2010; Requejo, McNitt-Gray y Flashner, 2004)
- PM: estabilidad del centro de masa
  - ICm: relación centro de masa con base de sustentación

6. Salida: extender las piernas para terminar parada de pie (Koll et al., 2013 y Bradshaw, 2004)
- PM: elevar el centro de masa
  - ICm: tiempo de contacto con el colchoneton ( $T_{cc}$ )
  - Desplazamiento centro de masa( $d_{CM}$ )



Figura 9. Fase de salida

A través de esta investigación se logró establecer el OGR de la técnica del salto en extensión, y luego, la división en fases que delimitan el PM. Esto propició encontrar los ICm participantes en el desarrollo de esta.

<div> <div>Tabla 2. Variables cinemáticas del salto en extensión</div> <div>Objetivo General de Rendimiento: Aceleración y Altura del Salto</div> </div>		
Fases de Técnica Deportiva	Propósito Mecánico	Indicadores Cinemáticos
1. <b>Entrada:</b> la gimnasta se mantiene en posición erguida enfocando al botador. El número sugerido de pasos de carrera es entre siete y nueve aproximadamente	Distancia óptima entre la gimnasta y el trampolín	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distancia (<math>d</math>)</li> </ul>
2. Carrera: aceleración en la carrera fijando la vista hacia el botador	Aceleración de la carrera	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceleración (<math>a</math>)</li> <li>• Velocidad (<math>v</math>)</li> </ul>
3. Manteniendo la velocidad, por medio de un pie, los brazos se balancean hacia delante y ambas rodillas suben para rebotan con ambos pies en el botador.	Acumulación de energía elástica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje deformación trampolín (<math>\%def</math>)</li> <li>• Tiempo de contacto con el trampolín (<math>T_{ct}</math>)</li> <li>• Desplazamiento (<math>d</math>)</li> </ul>
4. Vuelo: elevar el cuerpo arriba mostrando una extensión durante el vuelo	Elevación del cuerpo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altura del centro de masa (<math>h_{CM}</math>)</li> <li>• Tiempo de vuelo (<math>T_v</math>)</li> <li>• Trayectoria del centro de masa (<math>t_{CM}</math>)</li> <li>• Ángulo relativo coxofemoral(<math>&lt;^{\circ}</math>)</li> </ul>
5. Aterrizaje: tomar contacto con el colchoneton a través de la precisión de ambos pies. Mantener los brazos extendidos al frente y las piernas en posición de cuclillas	Estabilidad del centro de masa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relación centro de masa (CM) con base de sustentación (BS)</li> </ul>
6. Salida: extender las piernas para terminar parada de pie	Elevación del centro de masa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desplazamiento centro de masa (<math>d_{CM}</math>)</li> <li>• Tiempo de contacto colchoneton (<math>T_{cc}</math>)</li> </ul>

### CONCLUSIONES

1. La presente recolección es una emergente edición del análisis de la TD, determinando la importancia de orientar apropiadamente el OGR y sus elementos. El OGR del salto en extensión es obtener la máxima altura del CM como resultado de las variables cinemáticas. La combinación óptima de ambos factores aceleración y altura, es una de



las claves del rendimiento del salto en extensión

2. Los ICm de las fases del salto en extensión son:
  - Distancia ( $d$ )
  - Aceleración ( $a$ )
  - Velocidad ( $v$ )
  - Desplazamiento ( $d$ )
  - Trayectoria ( $t$ )
  - Tiempo de contacto con el trampolín ( $Tct$ )
  - Porcentaje deformación trampolín ( $\%def$ )
  - Altura del centro de masa ( $hCM$ )
  - Tiempo de vuelo ( $tv$ )
  - Desplazamiento centro de masa ( $dCM$ )
  - Trayectoria del centro de masa ( $Tcm$ )
  - Ángulo relativo coxofemoral ( $<^{\circ}$ )
  - Relación centro de masa con base de sustentación ( $CM/BS$ )
3. El entrenamiento individualizado en cada uno de los ICm, son la clave para otorgar mayor eficacia en la ejecución de esta TD. Reorientar la correcta enseñanza hacia los OGR, parece ser un gran desafío dentro del ámbito deportivo, se debe tener fundamental claridad en los PM de cada fase, para así encontrar las variables que se necesitan en una eficiente sesión o ciclo de entrenamiento técnico
4. Es de real importancia generar conocimiento en el área de GA, la cantidad de publicaciones que abordan la relación entre gimnasia y cinemática para su utilización práctica en el entrenamiento es muy acotada, en comparación con otras áreas del deporte

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aedo, E., y Bustamante, A. (2012). Conceptualización de la Biomecánica Deportiva y de la Educación Física. *Educación Física, Chile*, 270, 63-68
2. Aldazabal, I. (2010). *Análisis cinético de los saltos específicos en Gimnasia Rítmica Deportiva*. Universidad Europea de Madrid
3. Araújo, C. (2004). *Manual de ayudas en Gimnasia*. Paidotribo. Disponible en: <https://books.google.cl/books?id=cSKcQlcZR1UC>
4. Barrios, J., y Ranzola, A. (1999). *Manual para el deporte de iniciación y desarrollo*. (Ediciones Deportivas Latinoamericanas, Ed.) (Ediciones). DF Mexico: Deportivas Latinoamericanas. Disponible en: <https://books.google.es/books?id=bhIzSQAACAAJ>
5. Bermejo, J. (2013). Revisión del concepto de Técnica Deportiva desde la perspectiva biomecánica del movimiento. *Revista Digital de Educación Física*, 25, 45-59
6. Boldrini, S.M., Carrara, P., Serrao, J.C., Amadio, A.C., y Mochizuki, L. (2016). Kinematic variables of table vault on artistic gymnastics. *Revista Brasileira de Educação Física E Esporte*, 30(1), 97–107. <https://doi.org/10.1590/1807-55092016000100097>
7. Bradshaw, E., Hume, P., Calton, M., & Aisbett, B. (2010). Reliability and variability of day-to-day vault training measures in artistic gymnastics. *Sports Biomechanics*, 9(2), 79–97 <https://doi.org/10.1080/14763141.2010.488298>
8. Bradshaw, E. (2004). Target-directed running in gymnastics: a preliminary exploration of vaulting. *Sports Biomechanics*, 3(1), 125-144. <https://doi.org/10.1080/14763140408522834>
9. Bradshaw, E.J., y Sparrow, W.A. (2001). the Approach, Vaulting Performance, and Judge's Score in Women's Artistic Gymnastics. *19 International Symposium on Biomechanics in Sports*, 54-57. Disponible en: <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/3917/3634>
10. Estapé, E. (2002). *La acrobacia en gimnasia artística: su técnica y su didáctica*. INDE. Disponible en: <https://books.google.cl/books?id=UrV6JrLB0pIC>
11. Federation International Artistic Gymnastic. (2017). *Olympic Code of Points*. United State American
12. Federation International Gymnastic. (2017). *2017 – 2020 Code of Points Women's Artistic Gymnastics*. FIG Executive Committee. Retrieved from [http://www.fig-gymnastics.com/publicdir/rules/files/wag/CoP\\_WAG\\_2017-2020\\_ICI-e.pdf](http://www.fig-gymnastics.com/publicdir/rules/files/wag/CoP_WAG_2017-2020_ICI-e.pdf)
13. Garcia, F., Ruiz, A., Moreno, R., y Latorre, P.A. (2015). Impact of limited hamstring flexibility on vertical jump, kicking speed, sprint, and agility in young football players. *Journal of Sports Sciences*, 33(12), 1293–1297. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1022577>



14. Hassan, H.S., Hanna, S.J., y Ameen, F.M. (2015). Effect of theoretical biomechanics on open jump the platform jumps performance using jumps (vault) in artistic gymnastics. *Journal of Human Sport and Exercise*, 10 (Special Issue 2), 21-24. Disponible en: <https://doi.org/10.14198/jhse.2015.10.Proc2.15>
15. Ibañez, J., Martín, E. y Zamarro, J. (1989). Cinemática. Capítulo II. En *Física*
16. Izquierdo, M. (2008). *Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte*. Editorial Medica Panamericana
17. Jackson, M. (2010). *The mechanics of the table contact phase of gymnastics vaulting*. Loughborough University. Disponible en: [https://dspace.lboro.ac.uk/dspace-jspui/handle/2134/6330?mode=full&submit\\_simple=Show+full+item+record](https://dspace.lboro.ac.uk/dspace-jspui/handle/2134/6330?mode=full&submit_simple=Show+full+item+record)
18. Knirsch, K. (1974). *Manual de gimnasia artística* (Librería D). Ediciones Castilla. Disponible en: <https://books.google.es/books?id=pyaQ6x4juhQC>
19. Koll, T., Witenstein, D., Reid, L., Jarrett, C., Folger, M., Hough, B., Bunge, C. (2013). *Ejercicios Obligatorios Programa Junior Olympic*. Indianapolis
20. Mkaouer, B., Jemni, M., Amara, S., Chaabene, H. y Tabka, Z. (2013). Kinematic and kinetic analysis of two gymnastics acrobatic series to performing the backward stretched somersault. *Journal of Human Kinetics*, 37, 17-26. <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0021>
21. Requejo, P. S., McNitt-Gray, J.L. y Flashner, H. (2004). Modification of landing conditions at contact via flight. *Biological Cybernetics*, 90(5), 327–336. <https://doi.org/10.1007/s00422-004-0473-7>
22. Sanchez-Bañuelo, F. (1992). *Bases para una didáctica de la educación física y el deporte*. Gymnos. Retrieved from <https://books.google.cl/books?id=jDZRAAAACAAJ>