

La génesis de las rotaciones gimnásticas (ii). Rotaciones generadas en vuelo

Dr. D. Francisco Sáez Pastor

Dra. Dña. Águeda Gutiérrez Sánchez.
Universidad de Vigo.


DIRECCIÓN DE CONTACTO.
fsaezp@uvigo.es



«Fecha de recepción: 22 de abril de 2008. Fecha de aceptación: 6 de mayo de 2008»

RESUMEN

Este artículo cataloga y describe las diversas rotaciones gimnásticas generadas durante el vuelo. Se enumeran tres maneras de rotación; dos de ellas son giro: los producidos por "efecto giroscópico" y por el "giro del gato"; tratadas en la literatura especializada. La tercera manera de rotación gimnástica es la de "efecto turbina"; produce volteos y no ha sido tratada en la literatura específica.

Palabras clave: Rotación; Giro; Volteo; Momento cinético; Transferencia.

ABSTRACT

This article catalogues and describes the possible gymnastic rotations generated on flight. Three rotation types are listed; two of them are due to twist: the ones produced by "gyroscope effect" and by "cat twist" which can be found on specialized literature. A third rotation type, which is called "turbine effect", produces swing and cannot be found on specialized literature.

Key words: Rotations; Twist; Swing; Kinetic momentum; Transference.

INTRODUCCIÓN.

En el artículo publicado en el número anterior de la revista, se desarrollaban las rotaciones gimnásticas generadas en el propio impulso que las producía. En este artículo se desplegarán las diferentes posibilidades de efectuar rotaciones que se generan durante la fase de vuelo del salto gimnástico.

Como ya se apuntaba anteriormente, durante toda la fase de vuelo del salto, si no existen fuerzas externas que alteren el sistema, la cantidad de movimiento y el momento cinético permanecerán constantes; la trayectoria a seguir del centro de gravedad también quedará establecida en el instante del comienzo del vuelo, según sea el impulso recibido y el ángulo de salida.

Con estas premisas tan restrictivas que establece la mecánica ¿cómo es posible generar movimientos de rotación en las fases de vuelo si previamente no se ha producido un momento de rotación en el impulso? Es posible, si se tiene en cuenta que el cuerpo humano puede generar fuerzas internas con sus propios músculos y realizar movimientos que propicien cambios en su postura; ¿cómo?; aplicando la ley de la conservación del momento cinético. El momento cinético es el producto del momento de inercia I por la velocidad angular ω .

Esta ley propone que una disminución del momento de inercia irá acompañada de un aumento de la velocidad angular, y viceversa; de manera que el momento cinético total permanecerá constante. En el sistema cerrado que se establece con el cuerpo de un gimnasta en vuelo libre pueden producirse variaciones voluntarias del momento de inercia o de la velocidad angular, a través de unos determinados movimientos segmentarios.

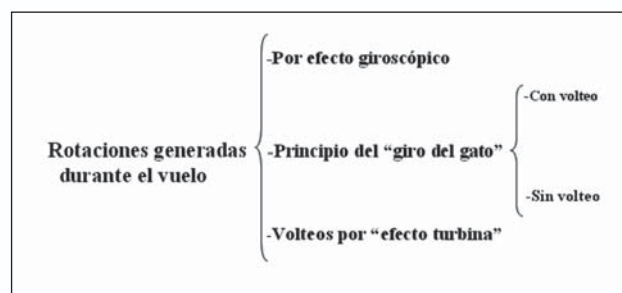
Pues bien, manejando estos factores se podrá explicar, y justificar, la creación de rotaciones sin un momento de rotación previo y manteniendo constante el momento cinético. Se establecen tres maneras básicas de rotaciones en vuelo, sin haber creado la rotación en la batida, a partir de los condicionantes expuestos:

- A. Giros por efecto giroscópico
- B. Principio del "giro del gato"
- C. Volteos por "efecto turbina"

A continuación se desarrollan los tres sistemas de rotaciones en vuelo sin momento de rotación previo. Los dos primeros sistemas están tratados por la literatura específica; principalmente por Frohlich (1980), Smolevskiy y Gaverdovskiy (1996) y Smith (1984). Manoni (1993) solamente trata el giro mencionado en "B". El tercer sistema de rotación es inédito en este trabajo. Se van a tratar de exponer todos ellos, de la manera más clara posible, siendo

conscientes de que este tipo de conceptos resultan algo difíciles de seguir.

Diagrama, 2



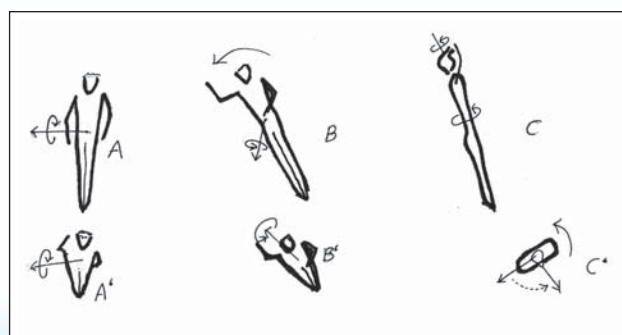
2.1. Giros por efecto giroscópico

Estos giros se producen cuando existe ya un momento cinético; es decir, existe una rotación previa —el momento cinético es el valor de un cuerpo en rotación—. Nos referimos a que se puede producir una rotación inducida por otra rotación si se establecen las causas oportunas, como consecuencia del desequilibrio entre los vectores momento cinético y velocidad angular, que desestabilizan la rotación inicial.

Para ampliar este concepto, existen tres ejes básicos internos. Pues bien, si se efectúa una rotación sobre un eje libre y, durante la misma se produce de manera simultánea otra rotación sobre otro de los ejes básicos, el eje de la rotación inicial cambia su dirección, e intenta acoplarse con el eje de la segunda rotación; se genera entonces, de manera automática, otra rotación sobre el tercer eje.

Para ilustrar esta afirmación con un ejemplo, con la ejecución de un volteo libre —sobre el eje lateral, adelante o atrás— puede efectuarse un giro —sobre el eje longitudinal—, solamente por la acción asimétrica de los brazos, al producir éstos sobre el cuerpo una ligera desviación del plano vertical sobre el que se realiza el volteo libre. Esta desviación genera una ligera rotación sobre el eje antero-posterior. Es el principio del giroscopio (figura 12).

Figura 12.- Giro con momento cinético; una rotación induce a otra si se produce un movimiento asimétrico, según el efecto giroscópico.



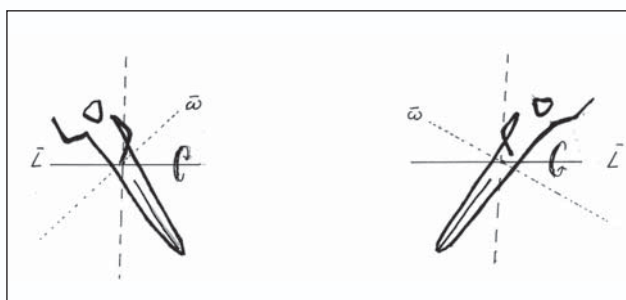
Se sabe que el vector de la velocidad angular de una rotación se sitúa en el eje de la misma; su sentido viene marcado por la regla de Maxwell (fig. 12-A).

Si durante el volteo libre extendido –adelante o atrás–, como consecuencia de la acción asimétrica de los brazos, se genera otra rotación sobre el eje antero-posterior –rotación lateral–, cuyo vector tiene una dirección perpendicular al anterior (fig. 12-B), el vector de la primera rotación tiende a acoplarse al vector de la segunda, con lo cual se produce una tercera rotación; esta vez, sobre el eje longitudinal, produciendo un giro; y ello, sin necesidad de realizar ningún otro movimiento para provocar dicho giro (fig. 12-C).

Un gimnasta que pretenda realizar un volteo libre atrás extendido con giro –pirueta– hacia la izquierda, con impulso de pies (suelo, barra de equilibrios o trampolín), deberá desplazar sus brazos de tal manera que se produzca una inclinación del tronco con respecto al plano vertical, en el que transcurre toda la trayectoria del volteo: tronco a la izquierda y pies a la derecha, visto desde el punto de partida del gimnasta (fig. 12-B). En este supuesto de volteo libre extendido atrás con giro hacia la izquierda, el gimnasta deberá alejar el brazo derecho del eje longitudinal (Smith, 1984). Esta inclinación produce una ligera rotación lateral, sobre el eje antero-posterior.

El vector velocidad angular de esta rotación se encuentra en su mismo eje, y su sentido, hacia delante. Como el vector velocidad angular del volteo atrás está dirigido, en este caso, hacia el costado derecho (regla de Maxwell), dicho vector tiende a acoplarse hacia el vector de la rotación lateral –zona abdominal–, produciendo la tercera rotación –el giro–, sobre el eje longitudinal, hacia la izquierda (fig. 13-A).

Figura 13.- Inducción a la rotación sobre el eje antero-posterior para provocar el giro sobre el eje longitudinal. A: volteo libre atrás, el brazo derecho se desplaza del eje longitudinal; B: volteo libre adelante; el brazo izquierdo se desplaza del eje longitudinal (Smith, 1984).



Para realizar un giro con volteo libre adelante los brazos realizarán la acción opuesta, brazo izquierdo separado del eje longitudinal, para que la inclinación

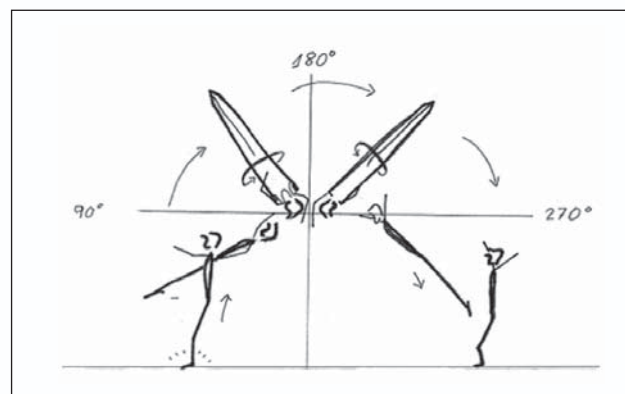
del cuerpo sobre el plano vertical de la trayectoria sea en el sentido contrario al descrito en el supuesto anterior: tronco hacia la derecha y piernas hacia la izquierda (fig. 13-B).

Se pueden efectuar comprobaciones sobre lo expuesto: armado de la mano derecha para establecer los sentidos de las diferentes rotaciones y el sentido de los vectores (regla de Maxwell); también de un objeto de forma más o menos prismática, como puede ser una caja, un estuche, etc., que tenga diferentes las dos caras principales; se deberá efectuar un volteo con el prisma, e ir imprimiéndole, una por una, las otras dos rotaciones, para familiarizarse con ellas, estableciendo el sentido de los respectivos vectores.

El volteo extendido, sobre el eje lateral, presentará un gran momento de inercia, que se traduce en mayor dificultad para rotar, y una escasa velocidad angular; en cambio, el giro sobre el eje longitudinal, presentará escaso momento de inercia –facilidad para rotar– y alta velocidad angular. Estos factores están muy interrelacionados en el transcurso de un salto, de manera que, en todas las acciones descritas, el momento cinético total permanecerá constante. Por tal motivo, mientras se produce un volteo libre de 360°, pueden realizarse dos, tres y hasta cuatro giros en un solo salto de pirueta en suelo o en trampolín.

El giro en un salto de pirueta deberá efectuarse de manera simétrica, entre los cuadrantes segundo y tercero del volteo, entre los 90° y los 180° (Sáez Pastor, 2003). Le confiere al movimiento mayor calidad y belleza (fig. 14).

Figura 14.- Pirueta realizada en los cuadrantes 2° y 3°. Esta ejecución supone mayor dominio técnico y contribuye a aumentar la belleza del elemento.



Si el giro comienza en el segundo cuadrante se asegura su realización en el recorrido angular adecuado, bien diferenciado del despegue; se deja bien claro así que no se ha producido el giro en la batida a consecuencia de un par de fuerzas, movimiento de inferior calidad. El hecho de terminar el giro en el ter-

cer cuadrante da la sensación de capacidad sobrada para efectuar la pirueta, y aún le queda al gimnasta el margen de los 90° del último cuadrante para preparar la llegada al suelo (Still, 1993); estos factores establecen mayor dificultad y, por tanto, mayor dominio técnico del elemento.

El sentido del giro en una pirueta, realizada por el sistema del efecto giroscópico, permanecerá sin modificarse durante toda la fase del vuelo. Cuando se desencadena el proceso de pirueta, basado en este principio, el giro, igual que las demás rotaciones, tiene un determinado momento cinético. Éste es un vector, y como tal, posee módulo –o magnitud–, dirección y sentido.

El módulo del momento cinético del giro puede variar si existe transferencia con otra rotación, según la ley de conservación del momento cinético; la dirección del vector puede variar, puesto que está relacionada con la dirección del vector momento cinético del volteo; pero el sentido de ambas rotaciones –volteo y giro– no podrá variar en un mismo vuelo, a no ser que intervengan fuerzas externas. Por tal motivo, el sentido del giro, realizado por el sistema del efecto giroscopio, persistirá durante toda la pirueta sin ninguna posibilidad de ser invertido.

2.2. Giros por el principio del “giro del gato”

En esta clasificación se agrupan aquellos giros que no precisan de una rotación previa para poder ser ejecutados –principio del giróscopo–, ni tampoco se han generado por un momento de rotación producido en el impulso que genera el vuelo.

Los giros tratados en este apartado se generan por el llamado principio del “giro del gato”, según describió Marey –pionero de la cinematografía– en 1894 a partir de las imágenes obtenidas por una cámara de su invención que podía tomar sesenta imágenes por segundo (Bürger, 2001). También se conoce como principio del “hula-hoop”, según Smolevskiy y Gaverdovskiy (1996).

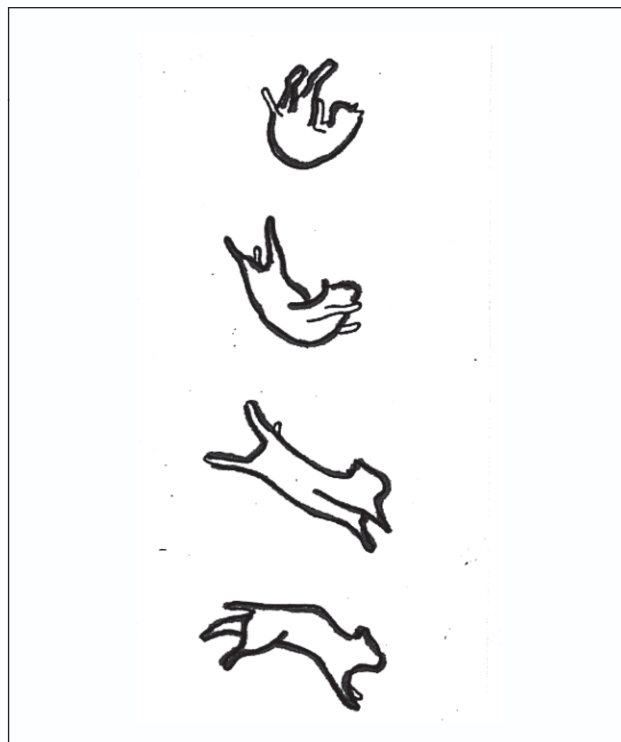
Esta acción consiste en dejar caer a un gato –o a un conejo (Dyson, 1982) –, desde una altura de 1,20 metros, que dura medio segundo (Frohlich, 1980), manteniéndolo parado en posición de boca arriba; al soltarlo, el gato es capaz de realizar medio giro (180°) y llegar al suelo sobre sus cuatro patas.

Para poder efectuar esa rotación sobre su eje longitudinal el gato realizará un rápido giro con la cabeza y su parte anterior de tronco y extremidades, a la vez que extiende la cola; a continuación, el resto de su tronco más las extremidades posteriores acompañan a la parte anterior en el giro, produciéndose la rotación con todo el cuerpo (fig. 15).

¿Cómo puede explicarse esta acción? ¿Qué principios mecánicos intervienen?

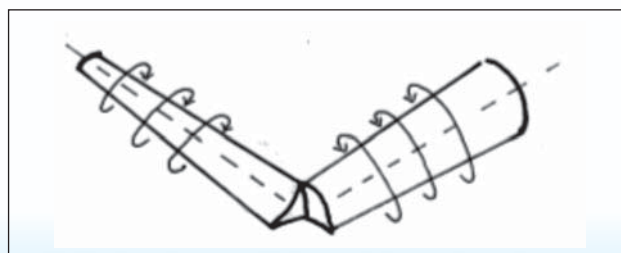
En ausencia de momento cinético, ésto es, en ausencia de una rotación previa que induzca al giro, la principal característica dinámica que interviene en esta acción, que la justifica y le da coherencia, es la de la diferencia del momento de inercia, o momento de inercia relativo.

Figura, 15.- Giro espontáneo del gato al dejarlo caer desde la posición de patas arriba según estudios de Marey a finales del siglo XIX (Bürger, 2001)



Para que se produzca esta rotación, el cuerpo –del gato o del gimnasta– ha de estar carpado, de manera que se establezcan dos segmentos articulados, preferentemente con un ángulo menor de 180° entre ellos. Se supone que cada segmento es diferente en cuanto a su forma y a la cantidad o distribución de su masa. Presentarán, por tanto momentos de inercia diferentes (figura 16).

Figura, 16.- Este principio de giro precisa establecer dos segmentos corporales bien diferenciados y articulados; por la diferencia de masas o de su distribución, los segmentos corporales presentan momentos de inercia diferentes.



Hay que recordar que el momento de inercia es igual a la masa por el radio al cuadrado ($I = m \cdot r^2$); ello significa que cuanto mayor momento de inercia presente un cuerpo, mayor dificultad tendrá para iniciar una rotación, o para frenarla si ya estaba rotando. En un sistema aislado, cuando uno de los segmentos inicia un giro en un sentido sobre su eje longitudinal, el otro segmento, como reacción, inicia un giro en el sentido contrario (Donskoi y Zatsiorski, 1988).

Se sabe que el momento cinético es igual al momento de inercia por la velocidad angular ($L = I \cdot \omega$). La relación entre estos dos últimos factores será inversa para conservar el momento cinético, que es nulo en toda la rotación. Por lo tanto, si aumenta la velocidad angular en uno de los dos segmentos, disminuye su momento de inercia; en el otro segmento sucederá a la inversa: disminuirá su velocidad angular y aumentará su momento de inercia, dificultando su rotación. Basándose en esta exposición se puede afirmar que el primer segmento realiza su rotación tomando como base el segundo.

El gato, cuando inicia su descenso desde la posición de patas arriba, realiza un rápido y pronunciado giro con la cabeza y la zona anterior del tronco, gracias a la gran flexibilidad de su columna vertebral; la zona posterior, que presenta mayor momento de inercia, efectúa una rotación inversa mucho menor -la relación es de 180° de rotación para el primer segmento, contra 5° para el segundo, según estudios de Mc Donald, citado por Smith (1984).

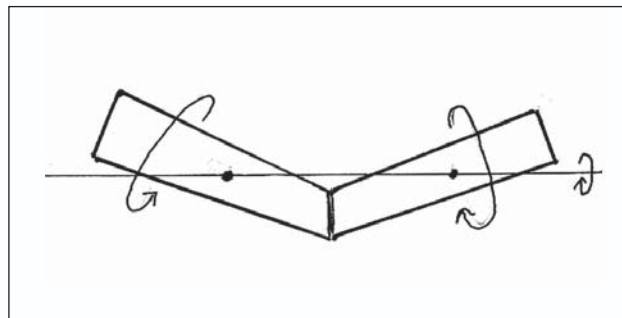
A continuación, la zona posterior efectúa un giro para igualarse a la zona anterior, y el gato completa su giro en el mismo sentido que inició con la cabeza, y consigue aterrizar con sus cuatro patas en el suelo, completando los 180° de giro.

Con este mismo principio mecánico, los gimnastas pueden efectuar giros en vuelo sin necesidad de generarlos en el impulso ni por una rotación previa, como era el caso anterior. Los giros que se efectúan con esta técnica suelen ser de 180° ; no obstante, en algunos casos los gimnastas pueden completar los 360° , si no lo frenan.

Cada uno de los dos segmentos tiene su propio centro de gravedad. La unión de ambos, marcan un eje longitudinal sobre el cual se produce el conjunto del giro (fig. 17). Cuanto más cerrado es el ángulo que presentan los dos segmentos mayor momento de inercia presentan en su conjunto y mayor dificultad existe para realizar el giro. Por tal motivo, los gimnastas suelen culminar el giro con el cuerpo ya extendido o próximo a la extensión, como se verá en los ejemplos mostrados más adelante.

No obstante, el giro iniciado con el primer segmento se ve favorecido al presentar el segundo segmento mayor momento de inercia, como consecuencia de la carpa; es más fácil, por tanto, efectuar un giro basado en este principio cuando el cuerpo del gimnasta presenta un ángulo bastante cerrado en el comienzo de la acción.

Figura, 17.- Cada segmento corporal presenta su propio CDG. La unión de ambos establece el eje de giro. Cuanto más cerrado el ángulo, más dificultad para efectuar el giro total, pero más fácil para iniciarlo uno de los segmentos.



Sin embargo, no es preciso que se forme un ángulo más o menos cerrado -carpa- para realizar el giro por el principio del "giro del gato". El cuerpo puede estar completamente extendido, presentando un ángulo de apertura de 180° entre ambos segmentos. El inicio de la rotación por parte de uno de los segmentos desencadenará todo el proceso, y el giro se producirá rápidamente, aunque, según lo expuesto anteriormente, resultará más difícil de iniciar.

Los giros con esta técnica pueden realizarse con volteo simultáneo o sin él. Los giros con volteo se efectúan en casos muy puntuales; generalmente, con una limitada rotación de 180° (Gutiérrez Nuño, 1987), realizada en una determinada fase del movimiento y con un rápido gesto. En cambio, los giros realizados por el efecto giroscópico precisan de un amplio y completo volteo para desarrollarse.

2.2.1. Giros sin volteo

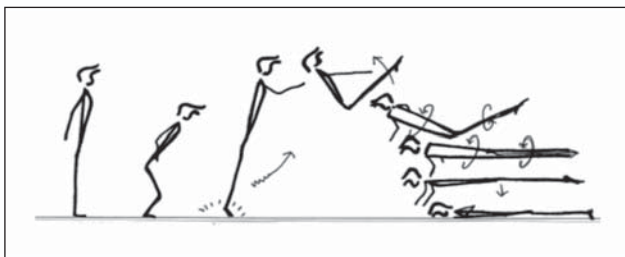
Los elementos gimnásticos con giro pero sin volteo no suelen ser muy frecuentes en la gimnasia actual, donde proliferan los volteos. Presentan una cierta dificultad aunque, generalmente, ésta pasa bastante desapercibida para los no iniciados en las disciplinas gimnásticas. Varios ejemplos que cubran las diversas posibilidades de este tipo de giros:

A. Elemento de carpa con $\frac{1}{2}$ giro al apoyo facial de pies-manos en suelo.

Se efectúa la carpa a partir del impulso de pies (fig.

18). A continuación, el tronco, brazos y cabeza, como componentes del segmento superior, efectúan un rápido giro sobre su eje longitudinal, que desencadena todo el proceso ya mencionado.

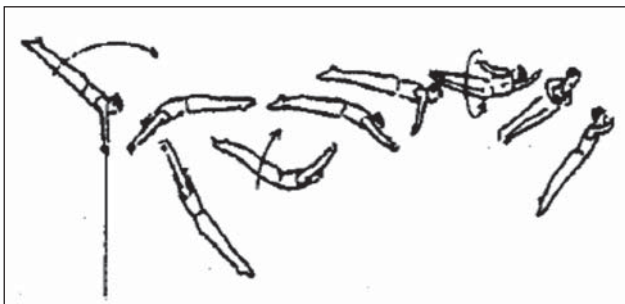
Figura, 18.- Carpa con $\frac{1}{2}$ giro al apoyo facial en suelo. Ejemplo de giro sin volteo con impulso de pies desde posición supina en vuelo. Este elemento es el que más se asemeja al ejemplo del “giro del gato”.



B. Tigre con giro de salida en barra fija.

Es un elemento del grupo estructural de los balanceos extendidos atrás, con paso por encima de la barra. Una vez que se produce la suelta se efectúa un vuelo sin rotación con el cuerpo extendido (fig. 19). Para poder ejecutar un giro en esa situación, como sucede con este elemento, el gimnasta debe efectuar un rápido giro con su segmento corporal superior y desencadenar el proceso de la rotación.

Figura, 19.- Tigre con giro de salida en barra fija. Elemento de giro sin volteo iniciado desde balanceo atrás con el cuerpo extendido en posición prona (Código de Puntuación de GAM, 2005).



Las fuerzas internas que inician el proceso son generadas por los músculos rotadores del tronco, acompañados por un movimiento de brazos -para un giro a la izquierda, brazo derecho hacia arriba e izquierdo hacia abajo- más el giro de la cabeza hacia el lado de la rotación; ésta orienta y equilibra a todo el cuerpo.

2.2.2. Giros con volteo

Los giros realizados durante la ejecución de un volteo libre pueden realizarse también según el principio del “giro del gato”; esto es, sin que exista una rotación previa que induzca al giro. Los giros con

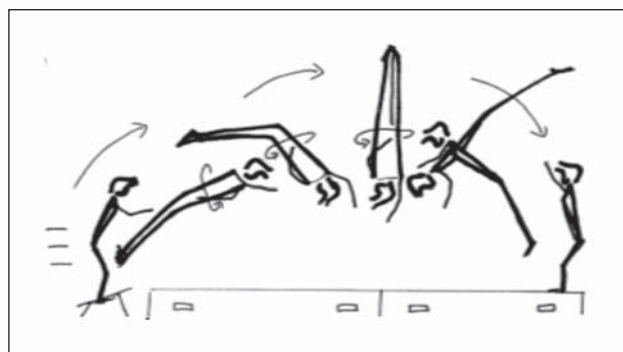
volteo más comunes se efectúan a partir de volteos adelante. Suelen ser de 180° ($\frac{1}{2}$ giro), puesto que los giros completos (de 360°), suelen realizarse por efecto giroscópico ya mencionado.

Tres casos que establecen otras tantas posibilidades de este tipo de giros: a, giro realizado antes de efectuarse el volteo; b, giros realizados después de efectuar el volteo; c, giros en el segundo volteo de un doble volteo libre adelante.

A. Giro antes de efectuar el volteo.

Un volteo cualquiera tiene un punto culminante en su ejecución: cuando pasa por la vertical invertida; es decir, cuando el gimnasta pasa del segundo al tercer cuadrante en la ejecución del volteo. En el ejemplo presentado, el giro se produce en el segundo cuadrante (fig. 20), y el gimnasta no perderá de vista el suelo en ningún instante (Monticelli, 1984).

Figura, 20.- Volteo libre adelante con $\frac{1}{2}$ giro: “barani”. El giro se realiza antes de culminar el volteo, en los dos primeros cuadrantes.

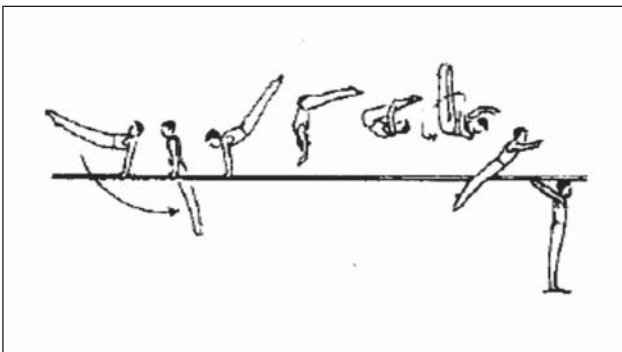


Este salto es muy utilizado en la modalidad gimnástica de trampolín (minitramp). Una vez en vuelo libre y con el momento de rotación creado para producir el volteo, se realiza un giro con el segmento superior del tronco, desencadenando el proceso gíatorio. Suele culminar el giro, de 180° , en la vertical invertida; aún le queda al gimnasta realizar el resto del volteo para llegar de pie a la colchoneta. El elemento típico de esta acción es el barani.

B. Giro realizado después de efectuar el volteo.

El gimnasta realiza volteo en los dos primeros cuadrantes; ya en el tercero, efectúa el giro, iniciando la rotación con el segmento corporal superior (fig. 21). El cuerpo suele presentar una postura de carpa, con un ángulo cerrado entre ambos segmentos. Estos giros suelen tener aplicación en los saltos adelante de trampolín y en las salidas de volteo libre adelante en las barras paralelas.

Figura, 21.- Salida de volteo adelante en carpa con $\frac{1}{2}$ giro; elemento propio de las barras paralelas. Código de Puntuación de GAM, 2005.

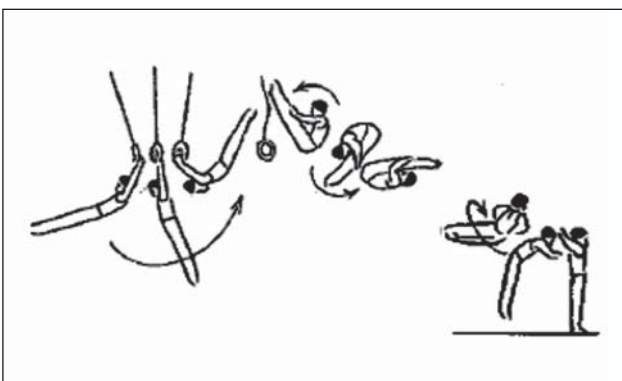


C. Doble volteo libre adelante con $\frac{1}{2}$ giro en la segunda rotación.

Las recepciones en las salidas de alta dificultad, como son aquellas que se realizan con doble volteo libre adelante, son difíciles de ajustar; una recepción defectuosa puede arruinar un buen ejercicio, si se realiza en la alta competición.

Las recepciones de los volteos adelante son aún más difíciles y laboriosas de ajustar que las recepciones de los volteos atrás, porque en aquellas no se ve el suelo en la llegada, lo que sí sucede en los volteos atrás. Por tal motivo, algunos gimnastas suelen realizar $\frac{1}{2}$ giro en la segunda rotación de un doble volteo libre adelante. Este giro permite ver el suelo en la llegada y realizar así los ajustes precisos para efectuar correctamente la recepción (fig. 22).

Figura, 22.- Salida de anillas con doble volteo adelante y giro de 180° en la segunda rotación (Balabanov). Este giro, permite al gimnasta ver el suelo durante la recepción y realizar los ajustes precisos para su estabilidad. Código de Puntuación de GAM, 2005.



El giro después de los volteos es susceptible de ser realizado por el sistema del “giro del gato”, independientemente de los volteos; principalmente, en anillas, ambas paralelas y saltos de caballo; también, en cama elástica y minitramp.

Se ha comprobado, en el desarrollo de estos ejemplos, que son compatibles los volteos adelante o atrás con los giros realizados por el principio del “giro del gato”, puesto que cada rotación se efectúa por unos principios mecánicos diferentes; independientes entre sí; en cambio, los giros realizados por efecto giroscópico, son inducidos por otras rotaciones y, por tanto, dependiente de ellas.

En la práctica gimnástica, y en modalidades afines, como son los saltos de trampolín acuático, se ejecutan giros de una o de otra naturaleza, dependiendo de las características del movimiento. ¿Cómo puede distinguirse si un giro, realizado simultáneamente con un volteo, se produce por efecto giroscópico o por el principio del giro del gato?

Existen algunos indicios que identifican la pertenencia a un sistema o al otro. Un giro realizado mientras se produce una rotación por el principio del “giro del gato” suele aplicarse con volteos agrupados o carpados; el giro, generalmente de 180° , se realiza en una determinada fase del volteo, de manera rápida, y termina con el cuerpo extendido en la culminación del giro. Esta extensión hace aumentar el momento de inercia del volteo –sobre el eje lateral– y lo frena.

Los giros realizados por efecto giroscópico se mantienen, simultáneamente, durante todo el volteo. Suelen ser muy pronunciados – 360° o más– y se inician al comienzo del volteo. Las dobles y triples piruetas son ejecutadas por este sistema.

2.3. Volteos por “efecto turbina”

Se han visto, hasta ahora, dos formas de giros generados en pleno vuelo, sin modificación, por tanto, del momento cinético. Uno era el giro inducido por otra rotación (efecto giroscópico) y el otro, por diferencia del momento de inercia de dos segmentos (conocido también como “giro del gato”). A continuación, otra manera de realizar rotaciones en vuelo libre sin crearse la rotación en el impulso; manera no catalogada en la literatura especializada. Es el “efecto turbina”. Turbina generadora de electricidad por caída de agua.

Estas rotaciones se producen por el principio de la transferencia de la cantidad de movimiento a momento cinético, según el principio de la turbina movida por agua al caer desde una cierta altura; al incidir el agua en las palas de la turbina, posee una determinada cantidad de movimiento –trayectoria lineal– que se transforma en rotación de la turbina; se crea en ésta un momento cinético. Este principio de la turbina es análogo al que se establece en algunos tipos de rotaciones, que analizaremos a continuación.

Estas rotaciones se generan a partir de un desplazamiento previo del gimnasta con trayectoria lineal; es decir, sin que exista rotación. El desplazamiento lineal del centro de gravedad de unos segmentos corporales generan rotación en otros por transferencia de la cantidad de movimiento de los primeros a momento cinético de los segundos. Esta transferencia puede ser total o parcial.

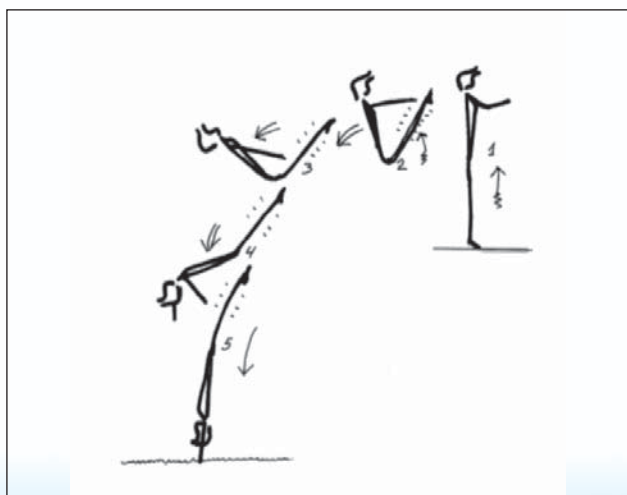
2.3.1. Volteo libre por transferencia total de cantidad de movimiento a momento cinético.

Los volteos libres adelante o atrás se pueden producir no sólo por la creación de un momento de rotación generado en la batida, sino por la transferencia de la cantidad de movimiento a momento cinético. Para que se produzca este tipo de volteos, deben existir también dos segmentos o grupos de ellos en el cuerpo que realiza la rotación. El punto de unión de ambos será el eje de rotación relativa de cada uno de los segmentos. Dicho eje recaerá, principalmente, sobre las articulaciones coxo-femorales. En este tipo de acciones se crea una cadena biocinética libre.

La rotación se produce por el siguiente mecanismo: un segmento se acerca al otro rápidamente con una determinada velocidad; al frenarse bruscamente el primero, la cantidad de movimiento que posee es transferida al segundo. Este último segmento efectúa rotación, mientras que el primero se frena. Como consecuencia, se produce el volteo.

Este volteo es, en principio, de 180°; no obstante, puede ampliarse la rotación a los 360°, si existe suficiente espacio vertical para ejecutarlo, o si los movimientos son muy rápidos; en este último caso, el segmento que inicia el movimiento en segundo lugar, “arrastra” al primero en la rotación.

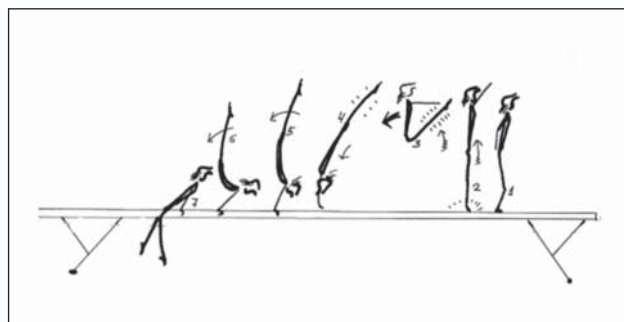
Figura 23.- Salto en carpa sobre la palanca (trampolín acuático). Se produce una rotación sobre el eje lateral por efecto “turbina”



Un ejemplo en el volteo de carpa en salto de trampolín acuático (fig. 23): Después del despegue del trampolín, las piernas se acercan hacia el tronco rápidamente. La cantidad de movimiento generada en las piernas (1) es transferida al tronco como momento cinético, al frenarse aquellas bruscamente (2). Las piernas se frenan y el tronco continúa la rotación, produciéndose el volteo. Puede observarse en la figura 23 cómo las piernas permanecen en la misma posición, mientras que el tronco efectúa una rotación de 180°.

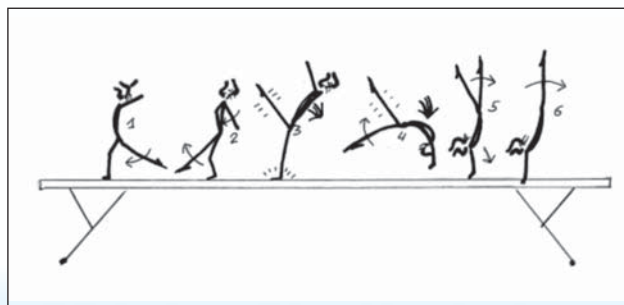
En el ámbito gimnástico, existe un elemento similar, carpa, que es un volteo atrás al apoyo invertido, en el que se dan las mismas condiciones que en el salto acuático, pero con la dificultad añadida de que ha de amortiguarse la recepción en apoyo de manos (fig. 24).

Figura, 24.- Volteo atrás desde carpa al apoyo de manos sobre la barra de equilibrios por efecto “turbina” (volteo de 180°). Basado en el CDP femenino de 2005.



Un elemento variante del anterior, muy utilizado en la práctica magistral, es el volteo atrás denominado auerbach. Se produce un impulso hacia arriba con una pierna y con los brazos, mientras la otra pierna permanece apoyada. Tanto la pierna lanzada, como los brazos, son frenados bruscamente; como consecuencia, se despegan el pie de apoyo y se lanza atrás el tronco por efecto “turbina”, produciéndose el volteo atrás (figura 25).

Figura, 25.- El auerbach o “patada a la Luna” -volteo atrás al apoyo de manos-. Se produce éste al frenarse bruscamente la pierna elevada (3). Basado en el CDP femenino de 2005.



Este volteo puede ser de 180°, al apoyo de manos; o de 360°, como salida en barra de equilibrios. Esta salida puede “aderezarse” con giro, tal como se ejecuta en la práctica magistral. Concretamente, es la salida de Svetlana Khorkina, al que le añade un giro durante el volteo (basado en el CDP femenino de 2005).

2.3.2. Volteo libre por transferencia parcial de momento cinético.

En los ejemplos anteriores se ha podido comprobar que la transferencia de la cantidad de movimiento del primer segmento a momento cinético del segundo era total, puesto que el primero se queda parado mientras el segundo —antes parado— es el que continúa con el movimiento. La rotación es escasa.

No obstante, cuando el gimnasta pretende realizar un volteo completo (de 360°), sin estar generado por un momento de rotación previo, suele recurrir a dos acciones: a, no frena bruscamente el primer segmento para que disponga de un cierto movimiento de rotación; b, flexiona las rodillas para disminuir el momento de inercia y facilitar la rotación.

Como el momento cinético, durante toda la fase de vuelo, permanecerá constante, la disminución del momento de inercia supone aumentar la velocidad angular, y la rotación del volteo se verá culminada más fácilmente. Dos elementos de rotación de diferente naturaleza para ilustrar lo expuesto.

A. Volteo libre atrás “arrepentido”.

Este salto acrobático viene precedido de un elemento de impulso, como puede ser una rondada, un flic-flac u otro volteo libre. Se conoce con el apelativo de “arrepentido”, porque en la batida no se crea el momento de rotación necesario para provocar el volteo. El gimnasta se eleva sin iniciar la rotación

Figura, 26.- Volteo atrás “arrepentido”. El gimnasta no crea la rotación en la batida; al finalizar la ascensión, cuando parece que se va a caer sin voltear, lleva rápidamente las piernas hacia el pecho y provoca la rotación.

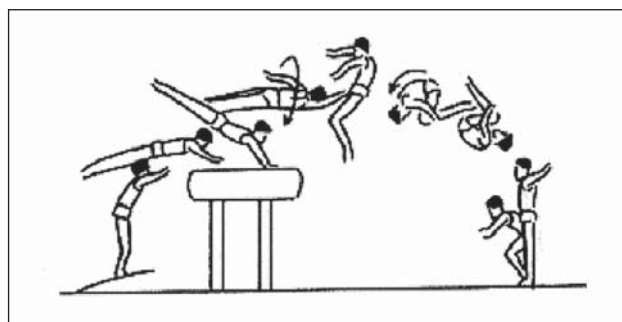


—como cuando un gimnasta neófito pierde el control y no volteo, después de la batida, con la consiguiente caída, si no tiene la suficiente protección—; cuando parece que la catástrofe es inminente, eleva rápidamente las piernas hacia el tronco y efectúa el volteo (figura 26). Las piernas, al acercarse al tronco, adquieren un momento cinético por el efecto “turbina”, que persiste durante todo el volteo.

B. Tigre con ½ giro y volteo adelante.

Este salto es de similares características que el anterior, pero encierra mayor complejidad, puesto que en la segunda fase del vuelo, y antes de iniciar el volteo, debe realizarse ½ giro y, a partir de esta colocación, efectuar un volteo libre adelante (fig. 27).

Figura, 27.- Tigre en caballo con ½ giro y volteo adelante. Tomada del Código de Puntuación de GAM, 1993.



Como el volteo es adelante, el tronco es el segmento corporal que se desplaza a gran velocidad hacia las piernas. Sacar un volteo en situación tan apurada sólo es posible por la transferencia parcial del momento cinético del segmento tronco y cabeza a los segmentos inferiores. El volteo agrupado facilita la rotación. Este elemento tan complejo sólo es posible conseguirlo por el rápido acercamiento del tronco hacia las piernas y la transferencia parcial del momento cinético de aquel a éstas.

Crear un momento cinético en todas las situaciones de estos ejemplos es posible porque el gimnasta ya traía una determinada cantidad de movimiento —en trayectoria lineal— procedente de la carrera, la batida y la repulsión de manos contra el caballo, en la misma dirección en la que se genera el volteo. Si el gimnasta iniciara la rotación estando completamente parado, o con movimiento en otra dirección pero no en la del volteo, los mecanismos por los que efectuaría el volteo serían los del principio de la diferencia del momento de inercia o “giro del gato”, ya tratados en el apartado anterior.

Se hacemos esta puntualización para evitar la confusión entre los dos sistemas de rotación, puesto que,

aparentemente, son iguales; la diferencia de ambas se encuentra en que el giro por el principio del “giro del gato” parte con el gimnasta sin movimiento en la dirección de la rotación y, el movimiento resultante, es un giro; mientras que en el volteo por el “efecto turbina” sí lleva movimiento en esa misma dirección; movimiento que es aprovechado para crear el correspondiente momento cinético; el resultado es un volteo.

La enumeración de las diferentes formas de rotaciones ha sido aséptica; teniendo en cuenta cada sistema de manera aislada. En la realidad práctica, los gimnastas suelen recurrir a la influencia de un sistema para reforzar otro, “contaminando” la pureza del sistema predominante.

Mas, como lo importante es el resultado, la ejecución de un volteo no se verá perjudicado por una determinada influencia de un sistema sobre otro; al contrario, dicho refuerzo favorecerá la ejecución total, obteniendo, probablemente, los mejores resultados en unos determinados elementos.

Estos casos se dan con mayor frecuencia en los volteos libres de suelo con triple giro, los cuales ocupan todo el espacio del volteo, y se inician muy pronto; también en los volteos por transferencia parcial del momento cinético, los cuales suelen crear un escaso momento de rotación que ayuda; pero que no sería suficiente para realizar las rápidas rotaciones que generalmente se producen.

CONCLUSIONES

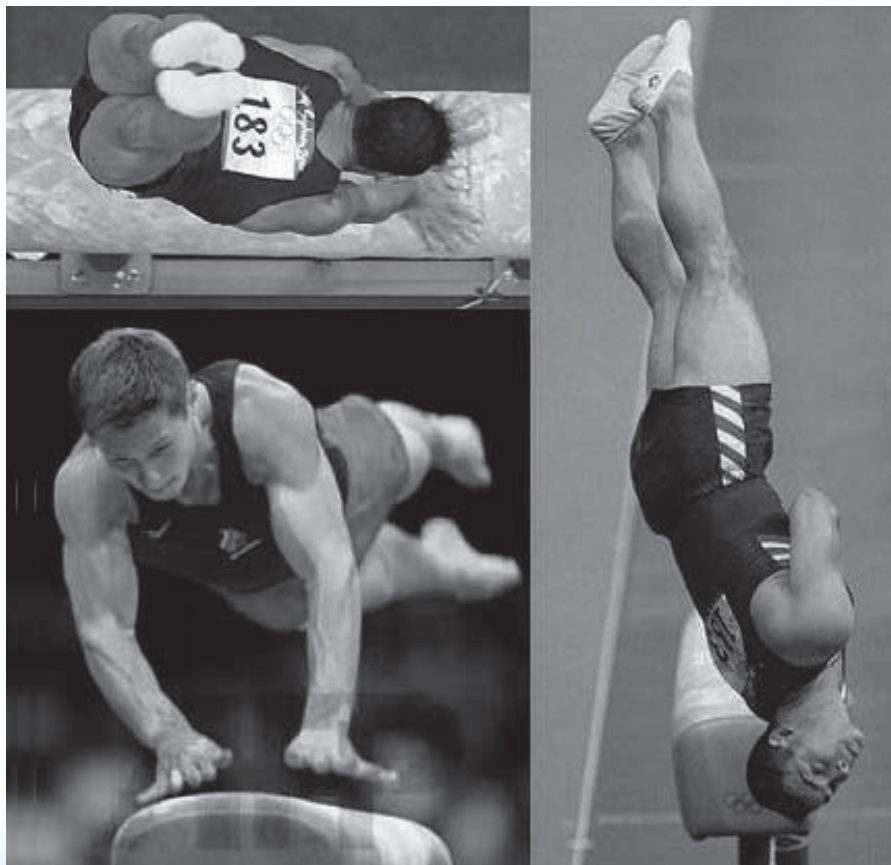
Con la catalogación y exposición de las diversas formas de rotaciones generadas en vuelo por los gimnastas se concluye este artículo sobre las rotaciones gimnásticas y disciplinas afines.

El objetivo principal ha sido el de recopilar y clasificar todas las posibilidades de generación de rotaciones, sin pretender hacer un tratado de las mismas; algo, por otra parte, que sobrepasaría las dimensiones y el cometido de este trabajo. También ha sido un objetivo a conseguir el presentar las rotaciones sin impulso de una manera asequible y de, relativamente, fácil comprensión. Estos temas, es-

casos en la literatura técnica deportiva, suelen estar tratados de manera oscura y de difícil seguimiento. En el conjunto de los dos artículos se ha pretendido establecer una panorámica global y comprensible sobre las rotaciones gimnásticas.

Los técnicos de esta disciplina deberán tener muy claros los fundamentos mecánicos que intervienen en cada tipo de rotación para poder aplicarla en su enseñanza a sus respectivos gimnastas. La falta de ideas claras en este aspecto del movimiento gimnástico, principalmente, de las piruetas –los gestos más difíciles de aplicar y de enseñar– hace que los procesos de aprendizaje de los gimnastas se alarguen; o peor aún, que se enseñen con defectos, los cuales condicionarán más adelante la adecuada progresión técnica de sus pupilos.

Este artículo no es un trabajo metodológico; tiene una intención, principalmente, taxonómica. La metodología es el recurso didáctico para aplicar la técnica. Variable y cambiante, dependiente de las diferentes posibilidades de material y de las capacidades de ajustar la enseñanza de los técnicos, basadas en unos modelos secuenciales y respaldados por el empirismo. La técnica, entendida como el óptimo movimiento adaptado a los diferentes medios y a las posibilidades músculo-articulares, es permanente; y marca un ideal de patrón de movimiento con economía energética. Sujeta siempre a los principios invariables de la física.





REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Donskoi, D. y Zatsiorski, V. (1988). *Biomecánica de los ejercicios físicos*. Moscú: Raduga.
- Bürger, W. (2001). La física del giro del gato. *Revista Investigación y Ciencia*, N° 302.
- Dyson, G. (1982). *Mecánica del atletismo*. Buenos Aires: Stadium.
- Federación Internacional de Gimnasia. *Códigos de Puntuación de Gimnasia Artística Masculina*. (Ediciones: 1993 y 2005). Madrid. Real Federación Española de Gimnasia (RFEG).
- Federación Internacional de Gimnasia (2005). *Código de Puntuación de Gimnasia Artística Femenina*. (Edición 2005-2008). Madrid. Real Federación Española de Gimnasia (RFEG).
- Frohlich, C. (1980). Física del salto mortal y del salto en tirabuzón. *Revista Investigación y Ciencia*, n° 44. Páginas 91-100.
- Gutiérrez Nuño, A. (1987). *Gimnasia Artística. Aportaciones teóricas*. Madrid: Instituto Nacional de Educación Física.
- Monticelli, M. (1984). *Il Mini Trampolino Elastico in Gimnastica Artistica*. Roma: Società Stampa Sportiva.
- Manoni, A. (1993). *Biomecánica e dividione strutturale della ginnasia artistica*. Roma: Società Stampa Sportiva.
- Sáez Pastor, F. (2003). *Gimnasia Artística. Los Fundamentos de la Técnica*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- Smith, T. (1984). *Biomecánica y gimnasia*. Barcelona: Paidotribo.
- Smolevskiy, V. y Gaverdovskiy, I. (1996). *Tratado General de Gimnasia Artística Deportiva*. Barcelona: Paidotribo.
- Still, C. (1993). *Manual de gimnasia artística femenina*. Barcelona: Paidotribo.

