



Ciencias aplicadas

Variables espacio-temporales en la ejecución técnica del ciclo de empuje durante la primera mitad de la curva en patinaje de velocidad

Space-temporary variables in the technical execution of the push cycle during the first half of the curve in speed skating

Martin Alexis Maldonado Medina*

*Docente Instructor adscrito al Programa Ciencias del Agro y el Mar, Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora" (UNELLEZ) Barinas, Venezuela

*Email de correspondencia: martin.maldonado1983@gmail.com

Recibido: 25-6-2018

Aceptado: 30-8-2018

Cita sugerida (APA, sexta edición)

Maldonado, M. (2018). Variables espacio-temporales en la ejecución técnica del ciclo de empuje durante la primera mitad de la curva en patinaje de velocidad. *Revista Con-Ciencias del Deporte*, 1(1), 142-155. Recuperado de <http://revistas.unellez.edu.ve/revista/>



Resumen

La investigación se realizó con el objetivo de analizar las variables espacio-temporales del patinaje sobre ruedas en la primera mitad de la curva y la implicación de las diferentes variables físicas que permiten un óptimo desarrollo de la técnica. La metodología representó un estudio de campo, cuasi experimental, del tipo observacional. El enfoque es del tipo cuantitativo, descriptivo y de corte transversal. El procedimiento para la recolección de los datos se realizó mediante videografía de alta velocidad utilizando dos cámaras de video conFiguradas a 120 fps (frame per second) a fin de registrar el gesto deportivo. La población y la muestra estuvo constituida por un atleta masculino con experiencia deportiva de talla internacional. Una vez obtenidos los datos, se procedió a realizar un análisis descriptivo de la técnica efectuada, posteriormente, dichos resultados fueron comparados con los resultados propuestos por la bibliografía consultada. Tal comparación arrojó que el atleta estudiado presenta variaciones espaciales al momento de entrar en la curva lo cual implica describir una trayectoria alejada del radio de giro cuyas repercusiones principales son un mayor desplazamiento y un mayor tiempo de ejecución. Por su parte, la frecuencia en el ciclo de empuje representa otra variación importante ya que dicho valor se encuentra por debajo del valor consultado en investigaciones realizadas sobre atletas elite, esto constituye una magnitud de empuje inferior durante el desplazamiento. Aunado a esto, se confirma que el factor empuje, el ángulo de flexión de la rodilla izquierda y el ángulo de inclinación del tronco tienen repercusión de manera directa sobre el anteriormente mencionado ciclo de empuje, por tal motivo la recomendación final se enfoca en optimizar los elementos mecánicos estudiados a fin de conseguir mejores valores de las variables espacio temporales que intervienen en la ejecución técnica.

Palabras clave: biomecánica, cinemática, cinética, patinaje sobre ruedas.



Abstract

The investigation was carried out with the objective of analyzing the spatio-temporal variables of roller skating in the first half of the curve and the implication of the different physical variables that allow an optimal development of the technique. The methodology represented a field study, quasi-experimental, and the observational type. The approach is of the quantitative, descriptive and cross cut type. The procedure for data collection was performed by high speed videography using two video cameras configured at 120 fps (frame per second) in order to register the sporting gesture. The population and the sample consisted of one male athlete with international experience. Once the data were obtained, a descriptive analysis of the technique was carried out, later; these results were compared with the results proposed by the consulted bibliography. Such a comparison showed that the athlete studied presents spatial variations at the moment of entering the curve, which implies describing a trajectory that is far from the turning radius whose main repercussions are greater displacement and a longer execution time. On the other hand, the frequency in the push cycle represents another important variation since said value is below the value consulted in investigations carried out on elite athletes; this constitutes a lower thrust quantity during the displacement. In addition to this, it is confirmed that the push factor, the flexion angle of the left knee and the angle of inclination of the trunk have a direct impact on the aforementioned pushing cycle, for this reason the final recommendation focuses on optimizing the mechanical elements studied in order to achieve better values of the temporal space variables involved in the technical execution.

Keywords: biomechanics, kinematics, kinetics, roller skating.

Introducción

El análisis biomecánico de los atletas de alta competencia representa un gran reto para los investigadores del campo deportivo debido a la gran cantidad de variables que interfieren en la ejecución de la técnica; así mismo, con el paso del tiempo se han desarrollado algunos parámetros de enfoque con el firme propósito de lograr describir cualitativa y cuantitativamente los aspectos de estudio como lo son físicos (valencias físicas), aspectos fisiológicos, comportamientos técnicos y tácticos, aspectos psicológicos, entre otros.

Alrededor del mundo la tendencia es cada vez mayor en cuanto al desarrollo y aplicación de la Biomecánica y del Análisis del Movimiento Humano en las diferentes áreas del deporte. América en general y nuestro país también han ganado un terreno importante en esta materia, especialmente en deportes de técnicas cíclicas, en los cuales la mecánica de la ejecución del gesto deportivo debe permanecer invariable a lo largo de la competición a fin de alcanzar los objetivos planteados.

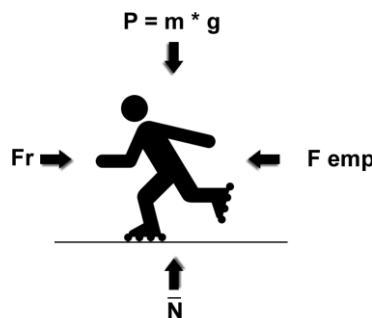
Lugea (2007) indica que uno de los denominados «Deportes Cíclicos» es el patinaje sobre ruedas, el cual contiene una técnica bastante depurada con tres fases: empuje, deslizamiento y recuperación. Dichas fases adquieren variaciones importantes en el paso por las rectas y por las curvas, siendo esta última un punto crítico ya que por lo general representa el sector más lento de desplazamiento, lo que la convierte en objeto de estudio de interés particular.

Patinar en las rectas confiere una simetría en el movimiento de ambos miembros inferiores, mientras que patinar en las curvas implica una considerable variación de la técnica a fin de lograr conservar la cantidad total de empuje. Es este un punto álgido en el cual la mayoría de los patinadores disminuyen su rendimiento debido a la complejidad de esta fase, lo que obliga a especialistas del deporte sobre ruedas no sólo a contar con determinados principios técnicos, sino a recurrir a los elementos científicos

que logren desmesurar y estudiar el mecanismo de desplazamiento en la curva para luego identificar y corregir los errores técnicos de ejecución.

Por otro lado, existen diferentes consideraciones acerca del tipo de ejecución técnica al paso por las curvas. Previa recolección de información documental se infiere que algunos especialistas afirman que es necesario mantener el factor de empuje mientras que otros aseveran que se debe adoptar cierta posición que contrarreste la disminución de velocidad. Al respecto de esto Soto (2003) indica que: el atleta nunca debe dejar de patinar durante su paso por la curva, es decir, debe aumentar la frecuencia de ciclos de empuje.

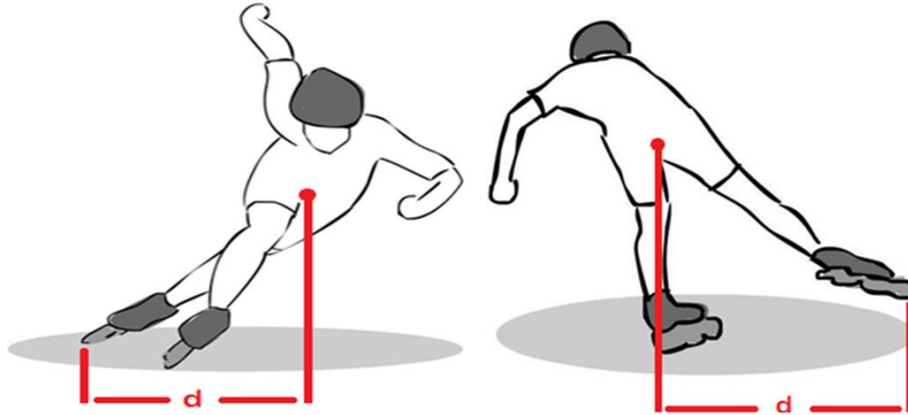
En el momento en que se deja de patinar comienzan a intervenir factores que se oponen al movimiento, así lo expresa Lugea (2007) indicando que tales factores son la fuerza de fricción de las ruedas del patín contra la superficie del suelo, la resistencia del viento, la fuerza de gravedad y su implicación sobre la masa del patinador, entre otros, es entonces cuando la velocidad de atleta se ve disminuida y por consiguiente su desplazamiento es afectado, a esto hace referencia Gertjan (1999) en su libro Human movement from a biological perspective, donde indica “dejar de patinar en la curva es desacelerar”, con lo cual se pone de manifiesto la necesidad de mantener el empuje.



Fuente: Maldonado 2018

Figura 1. Diagrama de cuerpo libre durante el desplazamiento en el patinaje sobre ruedas. P=peso. N= normal. Fr= fuerza de rozamiento. F.emp= fuerza de empuje.

Con respecto a la posición relativa del tronco, Ponzo (1997) indica: un factor importante para obtener una mayor aceleración en las curvas, es girar el cuerpo hacia el interior de la curva. La inclinación, más el giro del cuerpo hacia adentro permite alejar el centro de gravedad del punto de empuje, y como consecuencia de esta acción disminuye el ángulo entre el tobillo y el suelo, aumentando la aceleración.



Distancia entre la perpendicular del centro de gravedad (CG) y el patín que realiza el empuje

Fuente: <http://blog.roller.decathlon.es>

Figura 2. Inclinación del tronco y posición del centro de gravedad con respecto al patín que realiza el empuje

Por otra parte, no existen datos que revelen el ángulo de inclinación idóneo del tronco para aportar significativamente al mantenimiento o aumento de la velocidad, sin embargo, este ángulo de inclinación se verá limitado por la talla del sujeto y la capacidad de alejar su centro de gravedad con respecto al punto de empuje.

Tabla 1. Esquema matemático donde se realizan la sumatoria de fuerzas en el eje X e Y del patinaje sobre ruedas

$\sum F_y = 0$	$\sum F_y = 0$
$m * g - \bar{N}$	$F_{emp} - F_r = 0$
$m * g = \bar{N}$	$F_{emp} = F_r$
$P = \bar{N}$	$F_r > F_{emp}$

Fuente: Maldonado 2018

Si al realizar la sumatoria de fuerzas en el plano X se obtiene que la fuerza de rozamiento es mayor que la fuerza de empuje se infiere que el patinador está en fase de disminución de la velocidad, por consiguiente, la fuerza de empuje (ciclos de empuje) deben mantenerse aun cuando el desplazamiento sea al paso por la curva.

En tal sentido, se pretendió analizar la biomecánica del sujeto de estudio en su ejecución al pasar por la primera mitad de la curva para posteriormente compararlo con investigaciones realizadas sobre atletas de talla mundial y así determinar el desempeño general. Por lo tanto, *el objetivo del presente estudio* consistió en analizar las variables espacio-temporales que intervienen en la ejecución técnica del ciclo de empuje al pasar por la primera mitad de la curva en el patinaje de velocidad.

Fundamentación teórica

El ciclo de empuje en el patinaje está compuesto por fases, las cuales individualmente aportan al mantenimiento y aumento de la velocidad del patinador. Existe una marcada diferencia entre el empuje durante la recta y durante la curva, siendo estas simétricas y asimétricas respectivamente.

Así mismo, el termino empuje simétrico hace referencia al hecho de que ambas piernas realizan el mismo gesto técnico a fin de conseguir empuje, sin embargo, el empuje en la curva se realiza en una mayor proporción por la pierna derecha al

conseguir su máxima extensión, mientras que la pierna izquierda conserva el radio de giro.

Por otra parte, en la Tabla 2 se pueden observar las diferentes variables espacio-temporales que intervienen durante la ejecución del ciclo de empuje al pasar por la primera mitad de la curva, la conceptualización permite comprender el fenómeno físico de la acción y de la fase. Las variables que se describen fueron establecidas por el autor.

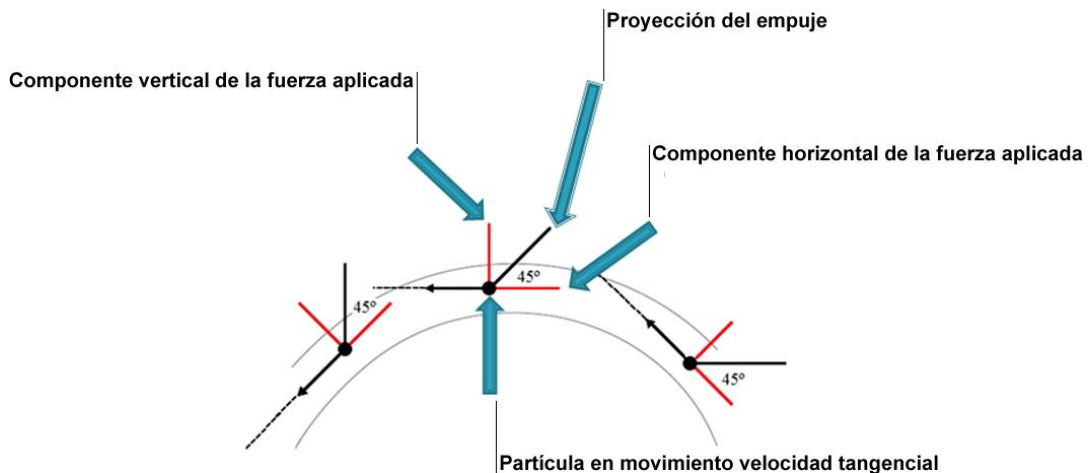
Tabla 2. Variables espacio-temporales durante la ejecución del ciclo de empuje en el patinaje de velocidad al parar por la primera mitad de la curva

Variable	Conceptualización
Frecuencia de apoyo del patín	Corresponde a la cantidad de ciclos de apoyo del patín por unidad de tiempo.
Tiempo de apoyo del patín	Es el valor que indica el tiempo que dura el patín en contacto con el suelo durante las fases de empuje y desplazamiento.
Tiempo de duración del ciclo de empuje	Es el valor que indica el tiempo que dura el ciclo de empuje del patín, asociado a la máxima extensión de la rodilla.
Velocidad de desplazamiento angular	Hace referencia a la magnitud Velocidad durante el desplazamiento de un cuerpo en una trayectoria circular.
Tiempo de recuperación del patín	Es el valor que indica el tiempo que dura el patín sin hacer contacto con el suelo desde que termina la fase de empuje hasta iniciar la fase de desplazamiento.
Velocidad de desplazamiento del centro de gravedad	Es la cantidad de distancia recorrida por el centro de gravedad del cuerpo en función al tiempo, considerando si el movimiento es ondulatorio o lineal.
Angulo relativo de la rodilla	Es el ángulo formado por los segmentos pierna y muslo en un instante dado en una fase dada.
Angulo de inclinación del tronco	Es el ángulo formado por la inclinación del tronco respecto a una línea horizontal.
Altura del centro de gravedad	Es la distancia medida desde la superficie del suelo hasta el centro de gravedad del sujeto.
Angulo de empuje respecto al radio de giro	Se refiere al ángulo de proyección de la pierna que realiza el empuje durante el paso por la curva.

Fuente: Maldonado 2018

Según Acero y Palomino (2009) el 70% de la fuerza de empuje en la curva se consume en mantener la trayectoria, mientras que apenas el 30% se usa en mantener la velocidad. Por otro lado, Lugea (2007) indica que un radio de giro mayor implica una mayor cantidad de ciclos de empuje, ligado a que una mayor frecuencia en los ciclos de empuje garantiza en cierta medida una mayor velocidad. Además de esto, el vector de empuje al conseguir la máxima extensión de la rodilla derecha debe acercarse a los 45° respecto al vector de la velocidad tangencial y la flexión de la rodilla izquierda debe ser aproximadamente de 90° lo que garantiza una altura óptima del centro de gravedad.

La Figura 3 muestra el ángulo de proyección del empuje idóneo ya que garantiza una distribución equitativa de la fuerza neta con respecto al plano Y (dirección) y el plano X (velocidad) con lo cual se evitaría la disminución de la velocidad al paso por la curva.



Fuente: Maldonado 2018

Figura 3. Ángulo de proyección del empuje

En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos de un estudio realizado sobre un atleta de talla internacional. Se puede observar que la duración total del ciclo de empuje es de 1,22 s, por su parte, la fase de empuje tiene una duración de 0,48 s que representa el tiempo en el cual se aplica la fuerza con el segmento muslo y pierna

derecha transferida a través del patín. De igual manera, la fase de recuperación o fase en la cual el patín no está en contacto con el suelo es de 0,73 s. Otro aspecto importante es la cantidad de ciclos que cumple el patinador solo en la primera mitad de la curva representado por 5,3 ciclos de empuje. El ángulo de flexión de la rodilla derecha corresponde a 98° mientras que el ángulo de inclinación del tronco y el ángulo de proyección del empuje son de 32° y 43° respectivamente.

Tabla 3. Estudio del desempeño al paso por la primera mitad de la curva en un atleta de talla mundial. Tomado de: Lugea (2007) consideraciones sobre biomecánica, técnica y modelo técnico en el patinaje de velocidad

Variable	Sujeto de referencia internacional
Duración del ciclo de empuje	1,22 s
Duración de la fase de empuje	0,48 s
Duración de la fase de recuperación	0,73 s
Frecuencia de ciclos de empuje	5,3 ciclos
Angulo de flexión de la rodilla izquierda	98°
Inclinación del tronco	32° respecto al plano Y
Ángulo de proyección de la pierna derecha	43°

Fuente: Lugea 2007

Metodología

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo bajo un diseño descriptivo debido a que se pretendió describir las variables espacio-temporales que toman parte en la ejecución de la técnica del ciclo den empuje al pasar por la primera mitad de la curva en el patinaje de velocidad, investigación de campo, debido a que la recolección de los datos se produjo en el lugar donde ocurren, denotado como un estudio de caso por tratarse de un único individuo y método observacional ya que los datos fueron recolectados durante la ejecución técnica y a través de video grabación.

Población y muestra

La población y la muestra de estudio estuvo conformada por un atleta masculino de talla internacional, con más de cinco años de experiencia deportiva, competidor en la categoría 500m sprint.

Materiales

Para la recolección de los datos se utilizaron dos cámaras digitales marca Casio, modelo Exilim ZR 400, configurada a 120 fps (frame per second). Para el procesamiento del video se utilizó el software informático Kinovea®. Dichas cámaras fueron colocadas sobre trípodes fijos abarcando 45° de foco c/u para totalizar 90° al paso por la primera mitad de la curva.

Resultados

En la Tabla 4 se destacan los resultados del presente estudio.

Tabla 4. Resultados obtenidos del estudio realizado sobre un atleta Venezolano de talla internacional

Variable	Atleta venezolano
Duración del ciclo de empuje	1,872 s
Duración de la fase de empuje	0,741 s (40%)
Duración de la fase de recuperación	1,31 s (60%)
Frecuencia de ciclos de empuje	3,1 ciclos
Angulo de flexión de la rodilla izquierda	158°
Inclinación del tronco	21° respecto al plano Y
Ángulo de proyección de la pierna derecha	32°

Fuente: Maldonado 2018

Discusión

El presente estudio tuvo como objetivo analizar las variables espacio-temporales en la ejecución de la técnica del ciclo de empuje durante la primera mitad de la curva en patinadores de velocidad, y en virtud de los resultados obtenidos se pueden realizar las siguientes comparaciones.

La duración de ciclo de empuje del atleta Venezolano es 65% más largo que el atleta de talla mundial, mientras que la duración de la fase de empuje del atleta venezolano es 64% más larga que el atleta de talla mundial y la duración de la fase de recuperación del atleta Venezolano es 55% más larga que el atleta de talla mundial, por lo cual el tiempo empleado para el gesto técnico repercute directamente en el mantenimiento de la velocidad durante el paso por la primera mitad de la curva. Se infiere entonces que el atleta Venezolano desacelera proporcionalmente a la duración de cada ciclo de empuje y a cada una de sus fases intermedias.

El atleta venezolano realiza 3,1 ciclos de empuje en la primera mitad de la curva mientras que el atleta de talla mundial realiza 5,3 ciclos, con lo cual se observa una menor cantidad de empujes que confieran el mantenimiento o aumento de la velocidad, en tal sentido, se analiza el beneficio de realizar un mayor número de ciclos de empuje durante el paso por la primera mitad de la curva y su respectivo beneficio. Por su parte, el ángulo de flexión de la rodilla izquierda del atleta Venezolano es de 158° grados, con lo cual el centro de gravedad se encuentra a una mayor altura de la superficie del suelo y respectivamente la fase concéntrica del musculo cuádriceps de la pierna derecha es desaprovechada por efecto de la extensión, así pues, la magnitud total de empuje no es máxima. El atleta mundial presenta un valor de 98°, así su centro de gravedad está más bajo, por consiguiente la pierna derecha aprovecha la respectiva flexión y su aporte de empuje es mayor.

La inclinación del tronco del atleta venezolano es de 21° respecto al plano Y, con lo cual se interpreta que el centro de gravedad no se aleja suficientemente del pie que

realiza el empuje con lo cual no se aprovecha efectivamente la fuerza aplicada, por otro lado el atleta de talla mundial presenta un valor de inclinación de 32° respecto al plano Y. Cabe destacar que en el presente estudio se descartaron variables antropométricas ya que se trata de una investigación espacio-temporal (cinemática), sin embargo, es de notar que las diferentes medidas antropométricas (longitudes de segmentos corporales) repercuten directamente sobre los valores de las variables estudiadas.

Por último, el ángulo de proyección del segmento muslo y pierna del atleta Venezolano es de 32° respecto al vector de la velocidad tangencial, con lo cual la distribución de la fuerza de empuje se consume en gran proporción en sólo mantener la dirección y no en aumentar la velocidad. El atleta de talla mundial presenta un valor de 43° y en consecuencia el vector de empuje contribuye al mantenimiento de la velocidad.

Conclusiones

Se puede evidenciar que las diferencias en la ejecución técnica del ciclo de empuje al pasar por la primera mitad de la curva entre un atleta Venezolano de talla internacional y un atleta de talla mundial son relevantes en cuanto a las magnitudes estudiadas: tiempo, frecuencia y ángulos, lo cual incide directamente sobre el desempeño del atleta durante el gesto técnico. Se puede concluir que la duración del ciclo de empuje y sus respectivas fases intermedias presentan diferencias considerables entre ambos atletas, con lo cual se puede deducir que el atleta Venezolano presenta una menor velocidad en el desplazamiento respecto al atleta de talla mundial.

Por otra parte, las marcadas diferencias respecto a la frecuencia en los referidos ciclos de empuje es otra variable a tomar en cuenta. Se infiere que un mayor ciclo de empujes se encuentra estrechamente relacionado al mantenimiento o al hipotético aumento de la velocidad al paso por la primera mitad de la curva en el patinaje de velocidad. Es de notar que el atleta de talla mundial realiza un mayor número de ciclos de empuje en el mismo tramo de recorrido que el atleta Venezolano.

Finalmente, se encuentra que las variables de ángulos de proyección y/o inclinación de los segmentos corporales son factores críticos al momento de optimizar el gesto técnico. Las diferencias encontradas en las comparaciones entre los atletas indican que un mayor acercamiento del centro de gravedad a la superficie de desplazamiento así como un óptimo ángulo de proyección del vector de empuje aunado a una correcta inclinación del tronco respecto al radio de giro implican un mayor aprovechamiento de la flexión de la rodilla derecha para un empuje máximo, mejor distribución de carga para conservar la dirección de desplazamiento y para el mantenimiento o aumento de la velocidad.

Referencias

- Acero, J. y Palomino, A. (2009). *Modelo de evaluación y control biomecánico integral (biomin-patin) en el entrenamiento de los patinadores de carreras*. Expomotricidad 2009: VII seminario internacional de entrenamiento deportivo, control biológico, técnico y táctico del rendimiento deportivo y biomecánico, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica*. Caracas, Venezuela: Episteme.
- Gertjan, E. (1999). Human movement from a biological perspective. Oslo, Noruega. Norwegian University of Science and technology.
- Lugea, C. (2007). *Algunas consideraciones sobre biomecánica, técnica y modelo técnico del patinaje de velocidad*. Madrid, España: Patinargentino.com
- Lugea, C. (2009). *Fundamentos de la técnica en el patinaje de velocidad*. Spagatta magazine. Recuperado de <http://www.spagatta.com>
- Pozo, R. (1997). *Analisi biomecanico dei pattinaggio*. Italia: Mundiale.

El autor

Martin Alexis Maldonado Medina

Ingeniero Mecánico

Maestrante en Ciencias de la Actividad Física y los Deportes, Mención Biomecánica

(ULA)