

## Rodilla del nadador. Principal zona de lesión en el estilo brazo. Revisión Sistemática.

### Swimmer's knee. Main injury area in the braza style. Systematic Review

Nahar, N.,<sup>1</sup> Martínez-Sánchez, J.A.,<sup>2</sup> Cara-Muñoz, J.F.,<sup>2</sup> & Berral de la Rosa, F.J.<sup>3</sup>

1. Administración Pública, Educación, Cultura y Deporte. Generalitat Valenciana, España. 2. Consejería de Educación y Deporte. Junta de Andalucía. Sevilla, España. 3. Universidad Pablo de Olavide. Sevilla, España.

**Resumen:** Actualmente el segundo problema más común y menos investigado en la natación, es el dolor de rodilla en el estilo braza. Las elevadas exigencias, el excesivo mecanismo de repetición en los miembros inferiores y una técnica deficiente, generan dolor y lesión en la región medial rodilla del nadador. Dentro del grupo de lesiones, destaca el dolor en la articulación en la zona patelofemoral lateral, tendinopatía rotuliana y dolor del tercio proximal del ligamento lateral interno (LLI), este último considerado como uno de los más afectados en este estilo. El propósito del presente trabajo ha sido establecer las lesiones más frecuentes en la región medial de la rodilla e identificar factores de riesgos, con el fin de evitar o disminuir el dolor y la aparición de lesiones.

**Palabras clave:** natación; lesiones; rehabilitación; competición; ligamento lateral interno de rodilla.

**Abstract:** Currently the second most common and least researched problem in swimming is breaststroke knee pain. The high demands, the excessive repetition mechanism in the lower limbs and poor technique, generate pain and injury in the middle portion of the knee. Within the group of injuries, joint pain in the lateral patellofemoral zone, patellar tendinopathy and pain in the proximal third of the internal lateral ligament (LLI) stand out, the latter being considered one of the most affected in this style. The purpose of the present work has been to establish the most frequent injuries in the middle zone of the knee and to identify risk factors, in order to avoid or diminish the pain and the appearance of injuries.

**Key Words:** swimming; injuries; rehabilitation; competition; Knee internal lateral ligament.

## Introducción

La natación es uno de los deportes más completos y practicados sin importar la edad, pero como en cualquier otro deporte existe el riesgo de sufrir lesiones. Al desarrollarse en el medio acuático, y considerando la ausencia de contrarios, hace que la incidencia de lesiones en nadadores de alto nivel competitivo no sea tan elevada como en otras especialidades deportivas (Adiele & Morgan, 2018; Gaunt & Manfully, 2012; Johnson, Sim, & Scott, 1987). Sin embargo, la práctica de nado implica realizar movimientos cíclicos y con un mecanismo de repetición, unido además a posibles errores técnicos, hacen posible que exista mayor riesgo de lesiones a nivel musculo esquelético, considerándose como factores desencadenantes de la aparición de dichas lesiones (Villa, Carrasco, Martínez, & Nadal, 2005).

El estilo braza, también conocido como “braza de pecho”, es uno de los estilos de natación más practicado por su comodidad de desplazamiento. También es conocido comúnmente como “estilo rana” por la similitud que existe con el nado de estos anfibios. Sin embargo, se requiere una técnica más depurada por ser una modalidad que exige una excelente coordinación de movimientos. Gran parte de la velocidad que se alcanza con la braza, es gracias al movimiento de patada que se genera y aporta un efecto de “whip kick”, refiriéndose a la patada “látigo”, con el objetivo de lograr una mayor fuerza propulsora, velocidad y economía de movimiento (Johnson et al., 1987).

Dependiendo del estilo de natación, las diferentes lesiones que pueden aparecer en un nadador se presentan en su mayoría en hombros, rodillas, cadera y espalda (Adiele & Morgan, 2018; Chase, et al., 2013; Johnson, et al., 1987; Wanivenhaus, et al., 2012). En los últimos años, pocos estudios se han centrado en valorar la incidencia de lesiones generadas en la rodilla en el estilo braza, con una incidencia del 75% en la alta competición (Gaunt & Manfully, 2012; Khodae, et al., 2016; Villa, et al., 2005; Wanivenhaus, et al., 2012), siendo considerada la segunda causa principal de lesión en nadadores de esta modalidad (Nichols, 2015; Rodeo, 1999; Sambanis, et al., 2013; Vizsolyi, et al., 1987; Wanivenhaus, et al., 2012). La lesión de rodilla se produce casi exclusivamente en nadadores de estilo braza en comparación con los demás estilos (Wanivenhaus, et al., 2012). La aparición de lesión en esta zona es debido al movimiento de piernas requerido en la braza (Soder, Mizerkowski, Petkowicz, & Baldisserotto, 2012). Las rodillas se flexionan de manera repetitiva con las piernas en rotación externa y valgo forzado, comprometiendo considerablemente el compartimento interno de la rodilla, provocando una fricción del ligamento lateral interno (LLI). Este gesto puede provocar una distensión del ligamento lateral interno, tendinitis y/o lesiones de menisco.

Los síntomas de esta patología suelen aparecer en brazistas de alta competición, tanto de corta como de larga distancia, que llevan varios años una práctica deportiva intensa y constante. Los primeros síntomas de dolor se pronuncian solamente durante la fase propulsiva en la patada de braza, pero a medida que va avanzando la lesión, el dolor se presenta de manera constante e incluso puede llegar a imposibilitar al nadador a realizar el movimiento completo de la brazada. El dolor se suele localizar en la región medial y zona femoropatelar (Johnson, et al., 1987; Nichols, 2015; Zoraida, Sanfilippo, & Jivelekian 2012).

Esta sensación dolorosa que experimentan los nadadores especialistas en este estilo, se conoce comúnmente como “rodilla del braquista”, pero esta lesión tan frecuente en los nadadores de braza también debe atribuirse a otros factores, como la aplicación de una técnica defectuosa, recuperación deficiente después del entrenamiento o falta de flexibilidad (Gaut & Manfully, 2012; Johnson et al., 1987; Silva, Persyn, Colman, & Alves 2005). Uno de los propósitos de este estudio, es analizar la relación que existe entre el dolor de rodilla que sienten los nadadores del estilo braza de alto rendimiento con la biomecánica del gesto deportivo y reconocer los factores de riesgo que pueden llevar a lesionar dicha zona.

## Material y método

Esta investigación ha seguido un enfoque de un trabajo de revisión bibliográfica, a través de un análisis exhaustivo y sistemático de los artículos publicados en relación con la principal causa y zona de la lesión de rodilla en nadadores profesionales en el estilo braza. Para tal propósito se han seleccionado y revisado los artículos científicos publicados desde 1987 hasta junio 2020, en las bases de datos electrónicas de PubMed, Google Scholar y Sportsdiscus, además de los artículos científicos que se encuentran en la base de datos de la Universidad Internacional de Andalucía (UNIA), como MedLine, Scopus, ProQuest y Ovid, siguiendo el mismo criterio.

Los estudios más antiguos, se incorporaron por ser potencialmente relevantes y se ha centrado el estudio en los artículos desde 2015-2020, asegurando de esta manera la inclusión de las investigaciones más recientes de los últimos años. Se ha realizado una búsqueda de revisiones sistemáticas incluyendo tanto artículos en español como en inglés. Asimismo, se analizaron artículos científicos en alemán, francés y portugués con la finalidad de rescatar diversos estudios potencialmente incluíbles para esta revisión. En cuanto a la estrategia de búsqueda, se incluyó de manera combinada los siguientes términos en inglés: “Breaststroker's knee”, “Breaststroke style”, “pain knee”, “competitive swimming” y “swimmer rehabilitation”, “pathologies in breaststroke swimmers”, “collateral ligament pain” y se emplearon como descriptores en español: rodilla del braquista, natación competitiva, patologías en el nado braza, síndrome de dolor rotuliano, ligamento colateral, rehabilitación en nadadores.

Para la selección de los estudios, se tomaron en consideración los publicados a texto completo y se incluyeron bajo los siguientes criterios:

1. Se identificó país donde se realizó la intervención, año de publicación, número de participantes, grupos de edad, diseño del estudio, porcentaje de autocita y por último los resultados de la intervención.
2. Otras revisiones sistemáticas, diseños cualitativos y estudios observacionales.

Asimismo, los estudios se analizaron y evaluaron por su título, resumen y lectura integral. Posteriormente fueron clasificados como irrelevantes, potencialmente relevantes o relevantes. Considerándose irrelevantes todos los artículos duplicados, al igual que los que no cumplían los criterios de elegibilidad. Potencialmente relevantes, todos los artículos a pesar de que la lectura del título o resumen no clarificaba suficientemente los criterios definidos, propiciando a una lectura más profunda del mismo. Se clasificaron como relevantes, todos los artículos que cumplían en su totalidad los criterios de elegibilidad. En total, se identificaron 2.632 artículos.

Se excluyeron del análisis los siguientes casos:

1. Artículos no revisados en revistas por pares, editoriales, pósters y resúmenes de reuniones.

2. Investigaciones sin ninguna descripción específica en los resultados obtenidos de la población expuesta.
3. Intervenciones dirigidas a un solo deportista.

Como estrategia secundaria se realizó una búsqueda de nuevos artículos manualmente, partiendo de referencias bibliográficas citadas en los estudios seleccionados. Esta búsqueda inversa obtuvo 3 referencias adicionales. Para esta revisión se eligió 29 artículos. La figura 1 representa esquemáticamente el proceso de selección de los mismos.

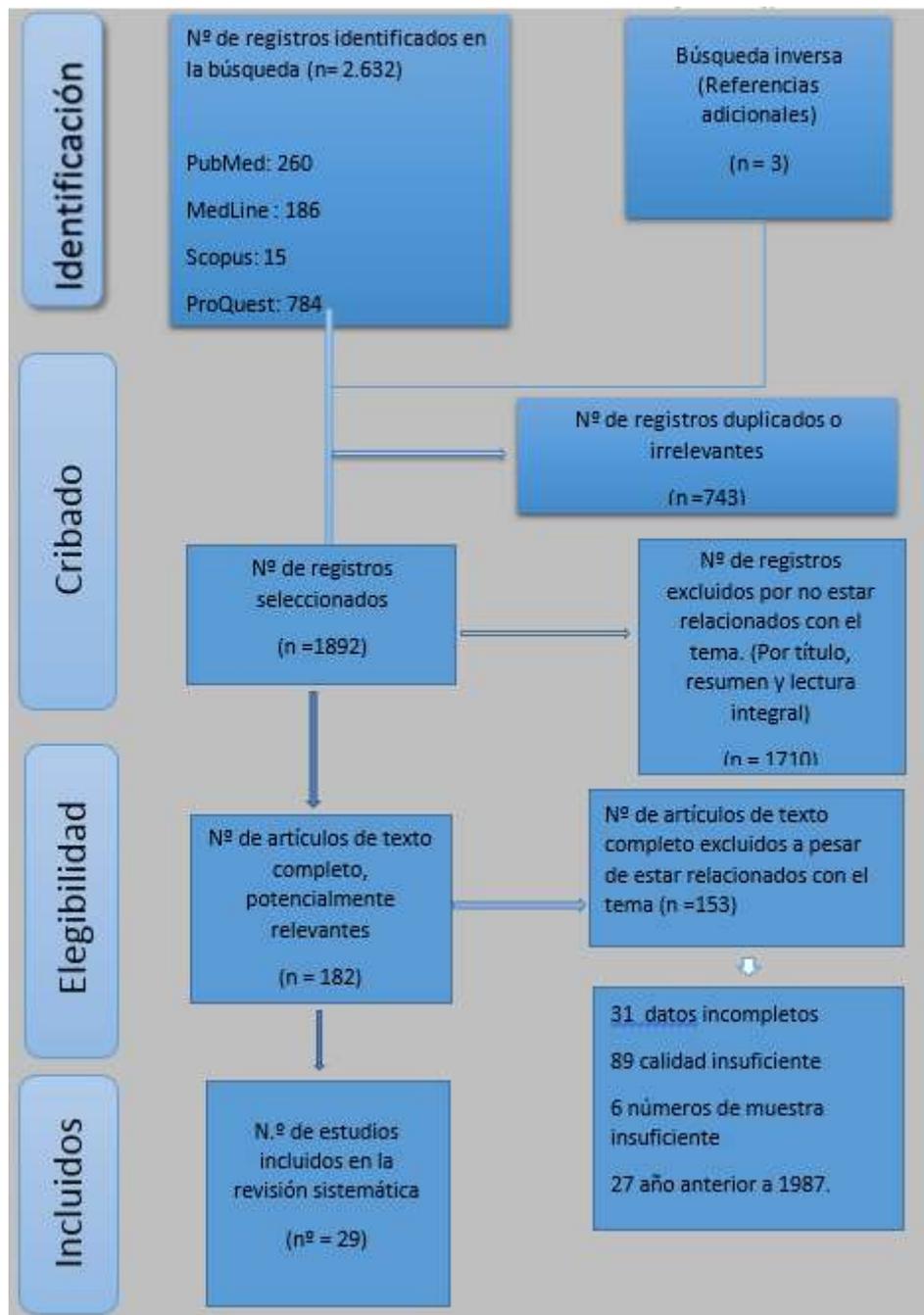


Figura 1. Estrategia de selección de artículos Fuente: Elaboración propia.

## Resultados

El término “rodilla del brazista” no especifica una zona concreta, pero generalmente se refiere al dolor que siente el nadador en la región medial de la rodilla al realizar la patada de braza. La mayoría de los estudios científicos afirman que la segunda causa principal de lesión en nadadores está situada en la rodilla (Divyanka & Dahiya, 2018; Nichols, 2015; Oliveira, et al., 2015; Rodeo, 1999; Sambanis, et al., 2013; Vizsolyi, et al., 1987; Wanivenhaus, et al., 2012), pero en contraposición, también hay autores que sitúan la lesión de rodilla en tercer lugar, situando la zona baja de la espalda en segundo lugar, sobre todo en nadadores de primer año y con poca experiencia (Chase et al., 2013; Nagano, Kobayashi, Higashihara, & Yako, 2019; Wolf, et al., 2009).

Existe una gran prevalencia de lesión en un brazista de alta competición en la rodilla. Los autores Rovere & Nichols (1985), observaron que, de los 36 nadadores de braza de alta competición, el 86% de los encuestados informaron que al menos una vez habían tenido un episodio de dolor de rodilla durante la temporada competitiva y además el 47% de estos nadadores, comunicaron tener episodios de dolor de rodilla semanalmente. Estos autores afirman que los nadadores que percibían dolor con mayor frecuencia ejecutaban la patada de braza con una menor rotación interna de cadera, además de soportar un mayor volumen de entrenamiento en el estilo braza y dedicaban menor tiempo a la parte del calentamiento. En línea paralela, los autores Adiele & Morgan (2018) realizaron un estudio con una muestra de 45 nadadores, de los cuales 27 nadadores (16 hombres y 11 mujeres) padecían dolor a nivel muscular/esquelético. De esos 27 nadadores hubo un 20,6% de hombres y 16,7% en mujeres que padecían dolor de rodilla respectivamente. Pudieron observar que la mayoría de las lesiones estaban relacionadas con el entrenamiento en el agua (72%) con respecto a los entrenamientos realizados fuera del agua (28%).

Se ha demostrado científicamente, que debido a las continuas flexiones de rodilla se produce una sobrecarga y esto puede derivar en lesiones. En este sentido, diferentes autores se ponen de acuerdo en que este dolor depende de la frecuencia e intensidad de los movimientos repetitivos de flexión que realizan las rodillas del brazista durante el entrenamiento o competición (Divyanka & Dahiya, 2018; Gaunt & Manfully, 2012; Knobloch, et al., 2008; Nichols, 2015; Villa, et al., 2005; Wanivenhaus, et al., 2012). Los síntomas de dolor suelen aparecer tanto en nadadores de élite que compiten en distancias cortas como largas, que soportan grandes volúmenes de entrenamiento. Desde los estudios más antiguos, pero con gran valor científico, hasta los estudios más recientes, coinciden en que el dolor que padecen los nadadores es debido a los elevados volúmenes de entrenamiento que deben soportar. Knobloch, et al., (2008) comprobaron en su estudio que el volumen de entrenamiento influye directamente en la aparición de lesiones y afirman que un entrenamiento superior a cuatro días a la semana, el riesgo a sufrir lesiones en la rodilla, se duplica. Los autores Olivera et al. (2015), afirman que los nadadores de élite nadan alrededor de 10 a 14 kilómetros por día, dependiendo si son nadadores de distancias cortas o largas. La prevalencia del dolor muscular/esquelético se situó en 21% (n=54), en donde el dolor se acentuaba durante la práctica de la natación, pero sin limitar el rendimiento del nadador. Pudieron comprobar que aproximadamente el 70% de los nadadores padecían dolor por soportar altos volúmenes de entrenamiento.

Por otro lado, Wanivenhaus et al. (2012) comentan que la mayoría de las lesiones se producen durante el primer año en nadadores no experimentados y afirman que el dolor en la zona de la rodilla en brazistas, está directamente relacionado con el volumen de entrenamiento, los años de entrenamiento y la edad del atleta. En este sentido, el autor Nichols (2015) comentó, que el dolor de rodillas lo padecen normalmente los nadadores de braza, los jugadores de waterpolo y en la

natación sincronizada. Afirma que la mayoría de las lesiones estaban relacionadas por uso excesivo y por un elevado número de sesiones de entrenamiento, y en concreto el 38% a entrenamientos de fuerza. Los autores Pollock et al. (2019), realizaron un estudio con 18 nadadores británicos de élite, cuyo objetivo fue por un lado analizar las sesiones y la carga de entrenamiento y por otro, analizar las recomendaciones actuales sobre el entrenamiento y la recuperación. Pudieron observar que el volumen de entrenamiento es menor que en otros países, considerándolo como un factor que influye en la disminución del riesgo de sobreentrenamiento y por ende en la aparición de lesiones.

En este sentido, los autores Piatrikova, Gonzalez, Willsmer, Sousa, & Williams, (2019), realizaron un estudio cuyo objetivo fue controlar las respuestas fisiológicas, técnicas y de rendimiento. La muestra estaba conformada por 12 nadadores altamente entrenados, a los cuales se les prescribieron un entrenamiento individualizado con intervalos de alta intensidad y con un volumen de entrenamiento reducido, durante 15 semanas. Los autores pudieron comprobar que hubo una mejora tanto en los parámetros fisiológicos, técnicos, así como de rendimiento en estos nadadores, a pesar de reducir el volumen de entrenamiento en un 25%. Se ha demostrado en diversos estudios que los años de práctica dedicados a la natación están directamente relacionadas con la aparición de lesiones y dolor de rodilla. Cuantificar la verdadera prevalencia de dolor en la rodilla asociada a la práctica de la braza es todo un desafío, ya que las alteraciones estructurales producidas por este estilo, no siempre se correlacionan con síntomas dolorosos y viceversa.

Los autores Soder et al. (2012), realizaron un estudio sobre posibles lesiones tempranas en la zona de la rodilla en brazistas de élite asintomáticos, utilizando la resonancia magnética para evaluar las articulaciones de las rodillas y posteriormente compararlas con los sujetos del grupo de control, los cuales no practicaban ningún deporte de impacto de manera regular. En este estudio, la muestra total estaba conformada por 27 sujetos varones, 13 brazistas de élite y 14 sujetos pertenecientes al grupo de control. Los autores observaron que los brazistas de élite tenían una mayor incidencia (69,2%) de anomalías, asintomáticas, en comparación con el grupo de control. Las patologías más comunes que pudieron observar fueron el edema de la almohadilla de grasa infrapatelar (53.8%), seguido de edema de la médula ósea (26.9%), el edema de la almohadilla de grasa prefemoral (19%), y derrame articular (15,3%). Soder et al. (2012) consideran que la alta prevalencia de lesiones no asintomáticas en brazistas de élite puede corresponder a lesiones preclínicas que deben ser evaluadas mediante seguimiento médico. El dolor y las lesiones son consecuencia del estrés que sufre la rodilla durante el estilo braza, que implica el movimiento excesivo, repetitivo y sin descanso de la patada (Rodeo, 1999), aumentando las fuerzas hidrodinámicas y el riesgo de lesiones en el tejido blando debido a las continuas repeticiones. En este sentido, Sambanis et al. (2013) afirman que el dolor de rodilla es el resultado de las tensiones acumuladas provocadas por las fuerzas repetitivas que actúan sobre el agua, las cuales incrementan un riesgo de posible lesión en los tejidos blandos.

En línea paralela, los autores Adiele & Morgan (2018), afirman que las fuerzas repetitivas que ejerce la mecánica de braza sobre el agua durante la patada, provocan un aumento de estrés en las estructuras de la rodilla, destacando el ligamento lateral interno, la faceta lateral-medial, y el revestimiento de la membrana sinovial de la articulación de la rodilla. En este mismo sentido, Divyanka & Dahiya (2018), comentan que el movimiento repetitivo en el estilo braza puede provocar la aparición de lesiones por uso excesivo. Afirman que la razón principal de la aparición de dolor de rodilla en el estilo braza es causado por realizar una patada en forma de látigo, acelerando en la parte final de la brazada, cuando los pies del nadador realizan un energético movimiento de empuje contra el agua. Por las características tan peculiares que conlleva el estilo braza, hace que los nadadores de dicho estilo tengan una mayor posibilidad de padecer lesiones en la zona de la rodilla, comparada con el resto de estilos de natación.

Así, Knobloch, et al. (2008) afirman que un braquista tiene cinco veces más riesgo de sufrir dolor en la rodilla, sobre todo en la parte medial, que un nadador de crol. Khodae et al. (2016), coinciden que existe un elevado porcentaje de nadadores que padecen dolor en la zona medial en la rodilla, y esto puede deberse a la tensión que debe soportar el ligamento colateral medial, por la irritación de una plica sinovial medial o, en casos menos frecuentes por desgarros del menisco medial. Estudiar la ubicación del dolor es fundamental para determinar que parte de la estructura de la rodilla es la más afectada. Para ello, diferentes estudios investigaron el ángulo de la rodilla, las cargas que soporta en posición valgo, desequilibrios lateral y bilateral, entre otros.

Estudios previos han señalado que los ligamentos colaterales mediales de la rodilla son los más afectados en nadadores de braza de alta competición (Rodeo, 1999; Wolf et al., 2009). En este sentido, los autores Rovere & Nichols (1985), estudiaron si el dolor era unilateral o bilateral, centrándose en la ubicación del dolor de los nadadores de braza. Pudieron observar que, de los nadadores con lesiones del ligamento colateral medial, solo tres tenían dolor unilateral. En línea paralela, los autores Vizsolyi et al. (1987), afirmaron que la zona más común de la rodilla que presenta dolor en un nadador de braza, se encuentra en la parte medial de la rodilla dominante, concretamente en el ligamento colateral medial de la pierna derecha. Con ello, los autores Wanivenhaus et al. (2012) coinciden en que el dolor que padece un braquista afecta primordialmente el compartimento medial de la rodilla, aunque también prevalece el dolor anterior de esta. En esta misma línea, estudios más recientes como los que realizaron los autores Dalamitros et al. (2015), pudieron comprobar, tras realizar una evaluación isocinética de los músculos de la rodilla, que los braquistas de alta competición, presentaban desequilibrios de fuerza en la rodilla de manera unilateral durante gran parte del macrociclo de entrenamiento anual.

En este sentido, los autores Oliveira et al. (2015) realizaron un estudio con una muestra de 257 nadadores federados, que participaron en el Campeonato Brasileño de Natación 2010. Se tuvo en cuenta la edad, volumen semanal, si presentaban algún tipo de dolor o lesión, y si la lesión había ocurrido durante el entrenamiento o durante una competición y además se solicitó un historial sobre lesiones que había padecido el nadador durante los últimos 12 meses previos a la competición. De la muestra total, 144 nadadores (56%) informaron que habían sufrido al menos una lesión musculoesquelética en los 12 meses previos. Aproximadamente el 60% de las lesiones previas a la competición afectaron a la zona del hombro, y la segunda zona más afectada anterior a la competición fueron las lesiones en la zona de la rodilla, en concreto por tendinopatía rotuliana. Los autores afirman que la tendinopatía suele guardar relación con las cargas elevadas impuestas por la actividad deportiva en cuestión, y se caracteriza como una lesión por sobreuso. Debido a que el tendón se expone a continuos movimientos repetitivos, sobrepasa su límite fisiológico, provocando la ruptura de fibras de colágeno y degenerando el tendón. Divyanka & Dahiya (2018), realizaron un estudio cuyo objetivo fue investigar la incidencia de lesiones musculoesqueléticas en atletas de natación. La muestra total estaba conformada por 120 nadadores, de los cuales había 30 nadadores representando cada estilo. Pudieron observar que un 28,66% de nadadores de braza padecían lesiones en la región de la rodilla, y afirman que dicha zona es la más común en este estilo de natación. Aseguran que el dolor que sufre el nadador de braza es debido a que existe una inflamación en las estructuras retinaculares medias de la rodilla, provocada por la continua tensión que ejerce la patada de látigo sobre dicha estructura. Concluyen que la inflamación del ligamento colateral tibial es la causa del dolor que sienten los nadadores al realizar la patada de braza.

Debido a la peculiaridad de la patada en el estilo braza, existe un aumento de cargas en posición valgo de la rodilla. Así mismo, se le suma el estrés en el momento de la extensión rápida de la rodilla, la cual va asociada con la rotación externa de la tibia. Todo ello, aumenta la tensión en el compartimento medial e incrementa la compresión del compartimento lateral (Rodeo, 1999).

Wanivenhaus et al. (2012), comentaron que debido a las altas cargas que soporta en valgo durante la patada de braza, se incrementa la tensión del ligamento colateral medial, y esto unido a las continuas repeticiones puede provocar tendinitis o bursitis. Diferentes autores, coinciden en que la fase que más daña la parte medial de la rodilla es al comenzar la fase de propulsión. En este sentido, los autores Villa et al. (2005), observaron que el dolor que sienten los nadadores se sitúa en la zona interna de la rodilla y esto provoca una disminución de la función en el tercio proximal del ligamento lateral interno (LLI), la cual es la responsable de que el braquista sienta dolor a la hora de flexionar la rodilla justo en el momento de la extensión de las piernas al comenzar la fase propulsiva. Zoraida et al. (2012) coinciden que el dolor se origina en la zona interna de la rodilla, debido a una sobrecarga en el ligamento encargado de limitar la flexión, rotación externa y valgo forzado al comenzar la fase de propulsión.

Según el estudio *Medical Care for Swimmers*, elaborado por los autores Khodae et al. (2016), afirmaron, que un 75% de nadadores acabarán padeciendo alguna lesión a lo largo de su carrera, ya que, los desequilibrios posturales son muy comunes en nadadores que practican el estilo braza. En este sentido, los autores Lopezosa et al. (2018) realizaron un estudio cuyo propósito fue identificar las diferentes posturas del pie y el ángulo de la rodilla en natación y fútbol. La muestra estaba conformada por 150 participantes federados (72 nadadores y 78 jugadores de fútbol), cuya edad oscilaba entre 15 y 21 años. Los participantes llevaban como mínimo 6 años de práctica en cada deporte respectivamente y dedicaban a la semana 10 horas como mínimo al entrenamiento. El propósito de este estudio fue determinar los diferentes efectos que ejercen la natación y el fútbol respectivamente sobre el ángulo de la rodilla y la postura del pie. Los autores comprobaron que los nadadores presentaban un ángulo Q excesivo, provocado por la debilidad muscular, y por qué existían alteraciones en algunos segmentos y articulaciones. Estos resultados indicaron un aumento del ángulo del genu valgo, el cual influía en el aumento de la eversión del retropié y modificación de los ángulos de rotación interna de la tibia. Afirman que los resultados obtenidos están directamente relacionados con el patrón de movimientos repetitivos.

Por otro lado, los autores, Khodae et al. (2016), comentan que el dolor que sufren los nadadores de braza en la rodilla puede ser debido a una inestabilidad rotuliana, pero suele ser menos frecuente. Los autores Vizolyi et al. (1987), afirman que la inestabilidad muscular y la mala postura, aumentan la incidencia de lesiones en la zona de la rodilla en braquistas. Así mismo pudieron observar en su estudio que la incidencia de dolor de rodillas fue extremadamente alta tanto para los nadadores de braza de alta competición (73%), como entre los nadadores no especialistas en braza (48%). Dalamitros et al. (2015) afirman que la mayoría de los nadadores no controlan el ángulo de la patada, realizando brazadas exageradas o demasiado reducidas, aumentando la aparición de dolor o lesiones. En este sentido, los autores Lopezosa et al. (2018) afirman que la alineación de la rodilla y la postura del pie pueden influir negativamente en la biomecánica del deporte, pudiendo provocar lesiones deportivas. Debido a que la patada de braza implica movimientos antinaturales y una cierta flexibilidad, el calentamiento juega un papel fundamental para evitar o disminuir la aparición de lesiones en el nadador. La base de un calentamiento adecuado implica dos aspectos fundamentales, por un lado, el nadador debe incluir siempre ejercicios articulares, musculares, y de estiramiento, abarcando así todas las articulaciones, y, por otro lado, asegurar que el nadador realice un calentamiento dentro del agua, con un volumen e intensidad adecuado, logrando así una adaptación progresiva.

En este sentido, los autores Kafkas, Eken, Kurt, & Kafkas (2019), realizaron un estudio con el propósito de comparar los efectos de cuatro protocolos diferentes en nadadores de crol y braza. Los protocolos de estiramiento y calentamiento que realizaron: (I) sin estiramiento; (II) estiramiento estático; (III) en el agua y (IV) en seco. La muestra estaba conformada por 14 nadadoras universitarias de élite, cuya edad oscilaba entre  $(22,5 \pm 2,5)$ . Los autores comentan,

que las nadadoras habitualmente tenían preferencia por realizar un calentamiento previo compuesto por ejercicios estáticos, con el fin de mejorar su rendimiento y reducir el riesgo de lesiones, pero en su estudio comprobaron que el calentamiento realizado a baja intensidad dentro del agua (protocolo III) previa al entrenamiento o a una competición, fue el protocolo más eficaz para un rendimiento óptimo en nadadores de crol y braza. La tabla 1 representa de manera resumida la prevalencia de dolor de rodilla encontrada en los estudios científicos más recientes.

Tabla 1. Comparativa y prevalencia de dolor en la rodilla de nadadores de braza. Fuente: Elaboración propia.				
Estudio científico	Muestra total	Edad media	Nadadores lesionados	Prevalencia de dolor/lesión
<b>Adiele &amp; Morgan, (2018)</b>	45 nadadores	16,43± 2,36	27 nadadores 20,6% de hombres y 16,7% en mujeres	Estructuras mediales de la rodilla: destacando ligamento rotuliano lateral y el revestimiento de la membrana sinovial de la articulación de la rodilla.
<b>Dalamitros et al., (2015)</b>	11 nadadores de braza	14,82± 0,45	No se especifica	Déficit de fuerza bilateral y un desequilibrio de fuerza unilateral en la rodilla.
<b>Divyanka &amp; Dahiya, (2018)</b>	120 nadadores (30 nadadores representando cada estilo).	No especifica	28,66% nadadores de braza	Inflamación en las estructuras retinaculares mediales de la rodilla, inflamación del ligamento colateral tibial.
<b>Di Salvo, (2016)</b>	30 nadadores federados	Entre 15 y 25 años	53% genu valgo fisiológico en rodillas, 43% desviación en valgo, 3% en varo.	Ligamento lateral interno dañado. 47% de los nadadores presentaban hiperextensión o recurvatum de la rodilla.
<b>Lopezosa et al., (2018)</b>	150 participantes federados (72 nadadores)	Entre 15 y 21 años	No especifica	Debilidad muscular, alteraciones en algunos segmentos y articulaciones.
<b>Oliveira et al., (2015)</b>	257 nadadores federados.	20,01 ± 3,8	20% de los nadadores	Tendinopatía rotuliana (ruptura de fibras de colágeno y degeneración de tendones).

## Discusión

Diferentes estudios referentes a nadadores de braza, que se dedican a competiciones de alto nivel, coinciden que la prevalencia de dolor en la zona de la rodilla es la más frecuente, pero discrepan en cuanto a los factores que contribuyen a las patologías que sufren estos nadadores. Por un lado, se encuentran los autores que defienden que la “rodilla del bracista” puede atribuirse a un excesivo mecanismo de repetición, recuperación deficiente post entrenamiento, tener poca flexibilidad o por una técnica defectuosa (Dalamitros et al., 2015; Di Salvo, 2016; Divyanka &

Dahiya, 2018; Khodae et al., 2016; Nichols, 2015; Oliveira et al., 2015; Lopezosa et al., 2018). Pero en controversia, los autores Zoraida et al., (2012) consideran que un error en el gesto motor del brazista no es causa suficiente.

Asimismo, entre los datos recopilados se observa una estrecha relación entre el dolor de rodilla y un calentamiento deficiente (disminución de metros totales), el aumento de edad, años de práctica, número de competiciones por temporada y grandes volúmenes de entrenamiento. Por otro lado, Adiele & Morgan (2018) comprobaron en su estudio que no existía una diferencia significativa en relación a la aparición de lesiones entre el periodo de entrenamiento y competición, entendiendo, por lo tanto, que existe un riesgo similar de sufrir lesiones con altos volúmenes de entrenamiento, independientemente si es a nivel competitivo o de entrenamiento. Los autores Nagano et al., (2019) pudieron comprobar que, los nadadores no reducían su volumen de entrenamiento a pesar de sentir dolor en la rodilla, amentando así la posibilidad de lesionarse. En la tabla 2, los diferentes autores sugieren e indican la mejor manera de disminuir la aparición de lesiones en nadadores de braza. Proponen modificar los diversos factores que influyen en la aparición de dolor y lesión en la zona de la rodilla del nadador.

Tabla 2. Tratamiento para evitar dolor y aparición de lesiones en la rodilla. Fuente: Elaboración propia		
Factores de riesgo	Medidas para evitar la aparición de dolor o lesión en la rodilla.	Autores
<b>Técnica deficiente o incorrecta</b>	-Modificación en la técnica de la patada. - Asegurar una ejecución adecuada y segura durante la patada. - Reeducación postural.	(Adiele & Morgan, 2018; Di Salvo, 2016; Divyanka & Dahiya, 2018; Khodae et al., 2016).
<b>Alto volumen de entrenamiento.</b>	-Disminuir o eliminar el elevado volumen de entrenamiento como medida primaria en el tratamiento. - Al principio de temporada, aumentar de manera gradual, la distancia de entrenamiento.	(Divyanka & Dahiya, 2018; Oliveira et al., 2015).
<b>Excesivo mecanismo de repetición.</b>	Modificar el entrenamiento y disminuir el número de repeticiones.	(Oliveira et al., 2015).
<b>Tiempo y distancia dedicada al calentamiento.</b>	-Aumentar el tiempo dedicado al calentamiento, adecuando así la distancia de la entrada en calor. -Los estiramientos dinámicos, la entrada en calor y la adaptación al medio, no son una actividad aislada, sino que forman parte del entrenamiento. - Realizar el calentamiento dentro del agua, nadando braza de manera suave, ejecutando una patada corta para adaptar las rodillas del nadador al movimiento.	(Di Salvo, 2016; Kafkas et al., 2019; Khodae et al., 2016).
<b>Inestabilidad de la rodilla.</b>	-Incluir ejercicios de estiramiento para aumentar la flexibilidad de la cadera disminuye la tensión en el área de la rodilla.	(Khodae et al., 2016).
<b>Inflamación en las estructuras retinaculares mediales de la rodilla.</b>	-Aplicación de hielo. -Antiinflamatorios. -Ultrasonido. -Tratamiento kinésico.	(Di Salvo, 2016; Divyanka & Dahiya, 2018; Khodae et al., 2016).
<b>Deficiente post entrenamiento.</b>	-Las elongaciones son necesarias tanto antes como después del entrenamiento o competición.	(Di Salvo, 2016).
<b>Temprana reincorporación al entreno y a las competiciones.</b>	-Seguir un protocolo de recuperación y asegurar la completa recuperación del nadador.	(Adiele & Morgan, 2018).
<b>Rotación interna de cadera.</b>	-Reducir el estrés en la región medial de la rodilla del nadador, mediante una modificación en la abducción de la cadera al iniciar la patada.	(Nichols, 2015).

Es evidente que la natación es un deporte inercial que es altamente dependiente de la técnica. Numerosos autores afirman en estudios recientes, la necesidad de modificar la técnica defectuosa en un nadador de braza para evitar dolor o la aparición de lesiones. Los autores Khodae et al., (2016) insisten en analizar y comprobar si el nadador utiliza una técnica adecuada. Asimismo, persisten de la importancia de realizar un calentamiento apropiado, con el fin de que los músculos del nadador entren en calor de manera correcta. Divyanka & Dahiya (2018), coinciden en que es necesario corregir la técnica defectuosa de la patada que ejecuta el nadador de braza y afirman que disminuir la cantidad de horas de entrenamiento practicando la patada de látigo, es importante. Adiele & Morgan, (2018) opinan al igual que los autores anteriores, que, para minimizar el dolor o lesión en la zona de la rodilla, es necesario hacer hincapié en que el nadador ejecute una técnica adecuada para evitar cualquier tipo de alteraciones en la patada.

El excesivo mecanismo de repetición es un factor que genera sobrecarga, debido a que la mecánica de la patada implica un reclutamiento de muchos grupos musculares (Adiele & Morgan, 2018). Los autores Oliveira et al. (2015) consideran que es necesario disminuir el número de repeticiones, para evitar la aparición de lesiones, especialmente la tendinopatía. En este sentido, los autores Pollock et al., (2019) afirman que el sobreentrenamiento genera un alto riesgo de lesiones por el uso repetitivo en todos los nadadores. Para evitar tales lesiones, consideran beneficioso realizar las sesiones de natación antes que las sesiones en el gimnasio, para facilitar su adaptación. También recomiendan complementar su entrenamiento primero con sesiones en donde se trabaje la fuerza y después las de resistencia, con una recuperación superior a 8 horas, para una mejora en las diferentes adaptaciones. Así, Piatrikova et al., (2019) afirman que los nadadores mejoraron sus tiempos personales tanto en la primera como en la segunda competición, a pesar de haber reducido su volumen de entrenamiento un 25 por ciento. Asimismo, aparte de corregir la técnica y evitar un elevado número de repeticiones, el autor Nichols (2015) afirma que los nadadores que ejecutan la patada de braza con una menor rotación interna en la articulación de la cadera, padecen dolor en la zona de la rodilla. Como ya se mencionó en la revisión de la literatura científica reflejada en la introducción, la mecánica de la braza es extremadamente compleja. Debido a esta complejidad, la mayoría de los nadadores no realizan el movimiento de piernas que requiere este estilo. Habitualmente, el nadador lleva a cabo una excesiva abducción de los muslos al flexionar la cadera y las rodillas durante la fase de recuperación. Esta postura genera un esfuerzo excesivo de valgo y rotación externa sobre las estructuras mediales de la rodilla, debido a que los muslos se aducen y las piernas se extienden de manera rápida durante la fase de propulsión.

Dalamitros et al., (2015), consideran que es fundamental realizar más investigaciones sobre la correcta realización entre flexión y extensión durante la patada de braza. Por otro lado, los autores Khodae et al. (2016) afirman que la ejecución de la patada es demasiado amplia y con una rotación externa de la rodilla, provocando la lesión en el ligamento colateral interno en nadadores del estilo braza. Asimismo, otro problema muy común es la alineación mecánica y la estabilidad de la rótula. Cuando el nadador ejecuta la patada de látigo para lograr una mayor fuerza propulsora, genera una tensión excesiva de valgo en la articulación de la rodilla, centrándose sobre todo en la articulación patelofemoral lateral. El dolor que siente el nadador al ejecutar la patada es provocado por una alineación defectuosa de la rótula, además de excesivas repeticiones en deportes de alto rendimiento. Khodae et al., (2016), afirman que es importante evaluar la estabilidad de la rodilla cuando el nadador padece dolor. Comentan que las lesiones causadas durante el entrenamiento en seco, como el levantamiento de pesas, ejercicios pliométricos o correr, pueden afectar al nadador a la hora de ejecutar la patada de braza. Adiele & Morgan, (2018) aseguran que es importante una intervención temprana por parte de los entrenadores. Para evitar problemas de alineación y estrés en las rodillas del nadador, es fundamental utilizar un programa de entrenamiento individualizado, que incluya entrenamiento de fuerza y flexibilidad.

Se ha comprobado a lo largo de todo este documento, que la zona más común de dolor de rodilla en el estilo braza es la porción media, cuya zona específica difiere entre los nadadores, caracterizándose por la aparición de dolor, sensibilidad y lesiones. Los autores Khodae et al., (2016) señalan que la zona más afectada es la inflamación del ligamento colateral medial, irritación de una plica sinovial medial, y en menor medida desgarros del menisco medial. Al igual que los autores Divyanka & Dahiya (2018) afirman, que la inflamación del ligamento colateral tibial es la causa de dolor en esta zona. Los autores Oliveira de Almeida et al., (2015) tras estudiar la ubicación del dolor, determinaron al igual que los autores anteriores que la tendinopatía rotuliana es la lesión más frecuente en esta zona. Los autores Adiele & Morgan, (2018) además de destacar el ligamento rotuliano lateral como lesión más frecuente, señalan también el revestimiento de la membrana sinovial de la articulación de la rodilla como lesión que aparecen en nadadores de braza. Además, Tanto los autores Dalamitros et al., (2015) como Lopezosa et al., (2018) coinciden con los demás autores en que la porción medial de la rodilla es la zona más afectada. Sin embargo, no especifican la lesión concreta.

A modo de clarificar aún más las posibles ubicaciones específicas que provocan dolor dentro del compartimento medial de la rodilla, los autores Wanivenhaus et al., (2012), afirman como el resto de autores, que el ligamento colateral medial es el más afectado, pudiendo convertirse en tendinitis o bursitis. Según los autores Soder et al., (2012) las patologías más comunes que pudieron registrar en su estudio, fueron edema de la almohadilla de grasa infrapatelar (síndrome de Hoffa-Kastert), edema de la médula ósea en rodilla, edema de la almohadilla de grasa femoral, y derrame articular. En cuanto a las alteraciones estructurales producidas por este estilo, la prevención en cada situación es diferente. Los autores Khodae et al., (2016), consideran que la prevención es fundamental en este tipo de lesiones, debido a que la recuperación es lenta y difícil. Afirman, que es aconsejable el descanso activo y modificar el entreno de fuerza en caso de lesión para una óptima recuperación. Según estos autores, la aplicación de hielo y el uso de antiinflamatorios pueden ser de gran ayuda. Divyanka & Dahiya (2018), consideran que un tratamiento adecuado y efectivo debe incluir ultrasonido, para contribuir a un diagnóstico de causa de dolor, hinchazón e inflamación que pueda padecer el nadador en la rodilla. Afirman que la aplicación local de hielo y la toma de medicación antiinflamatoria son eficientes.

Por otro lado, Oliveira de Almeida, et al., (2015) estiman que una prevención adecuada para evitar la aparición de la lesión en la rodilla del nadador, es reduciendo la cantidad de horas dedicadas al entrenamiento. Los autores Piatrikova et al., (2019) afirman que es posible mejorar el rendimiento de los nadadores reduciendo los elevados volúmenes de entrenamiento, siempre y cuando se utilicen recursos eficientes y una adecuada distribución del tiempo. Adiele & Morgan, (2018) consideran que es importante prevenir la aparición de lesiones en la parte medial de la rodilla, destacado que un regreso temprano a las competiciones y a los entrenos podría desembocar en un aumento de lesiones, por lo tanto, hay que asegurar la completa recuperación del nadador para evitar una recaída o la aparición de nuevas lesiones. La alineación correcta de las rodillas es fundamental para poder prevenir lesiones, debido a que de esta manera los nadadores podrán controlar el ángulo de la patada, evitando realizar brazadas exageradas o demasiado reducidas (Dalamitros et al., 2015). Los autores Khodae et al., (2016), aconsejan aumentar la flexibilidad de la cadera, a través de ejercicios de estiramiento para evitar que el nadador de braza ejecute una patada demasiado ancha, ayudando de esta manera a disminuir la tensión existente en la rodilla. Es fundamental plantear un programa de entrenamiento preventivo, específico o adaptado a las características del brazista y establecer un protocolo de prevención sobre las posibles acciones que puedan influir en relación al desarrollo de dolor en la rodilla.

## Conclusión

Realizada la revisión bibliográfica, y habiendo expuesto los resultados obtenidos y discutidos los mismos, hemos llegado a las siguientes conclusiones:

1. Las piernas de un nadador de braza son clave en este estilo, en concreto la posición de las rodillas, siendo estas el punto más débil y con mayor posibilidad de aparición de lesión.
2. El estilo braza implica una tensión en el ligamento lateral interno de la rodilla del nadador. Las continuas repeticiones, una técnica deficiente y otros factores de riesgo, aumentan la tensión en el ligamento colateral interno y genera principalmente inflamación e inestabilidad de la rodilla, pudiendo llegar a un dolor o lesión crónica.
3. Para evitar el dolor y disminuir la aparición de lesiones es necesario disminuir el número de repeticiones, corregir la técnica, evitar que el nadador soporte grandes volúmenes de entrenamiento, aumentar el tiempo dedicado al calentamiento y evitar la temprana reincorporación al entreno y competiciones.

## Bibliografía

- Adiele, D. & Morgan, G. (2018). Prevalence of Musculoskeletal Injuries in Males and Females Practicing Swimming from Higher School of Zimbabwe. *American Journal of Sports Science*, 6(1), 8-11.
- Chase, K. I., Caine, D. J., Goodwin, B. J., Whitehead, J. R. & Romanick, M. A. (2013). A prospective study of injury affecting competitive collegiate swimmers. *Research in Sports Medicine*, 21(2), 111-123.
- Dalamitros, A., Manou, V., Christoulas, K. & Kellis, S. (2015). Knee muscles isokinetic evaluation after a six-month regular combined swim and dry-land strength training period in adolescent competitive swimmers. *Polish Academy of Science, Committee of Physical Culture*, 49 (1), 195-200.
- Divyanka, S. & Dahiya, J. (2018). Prevalence of musculoskeletal disorders in swimming athletes. *International Journal of Yoga, Physiotherapy and Physical Education*, 3(1), 71-76.
- Gaunt, T. & Manfully, N. (2012). Soothing suffering swimmers: a systematic review of the epidemiology, diagnosis, treatment and rehabilitation of musculoskeletal injuries in competitive swimmers. *British Medical Bulletin*, 103(1), 45-88.
- Johnson, J. E., Sim, F. H., & Scott, S. G. (1987). Musculoskeletal injuries in competitive swimmers. *Clinic Proceedings*, 62(4), 289-304.
- Juba, K. (2001). Manual de entrenamiento de Natación. En forma. *Ediciones Tutor*. Madrid.
- Kafkas, A., Eken, Ö., Kurt, C., & Kafkas, M. E. (2019). The effects of different stretching and warm-up exercise protocols on 50-meter swimming performance in sub-elite women swimmers. *Isokinetics and Exercise Science*, 27(4), 289-297.
- Khodae, M., Edelman, G. T., Spittler, J., Wilber, R., Krabak, B. J., & Puzovic, V. (2016). Medical care for swimmers. *Sports Medicine Open*, 2(1), 27.
- Knobloch, K., Yoon, U., Kraemer, R., & Vogt, P. M. (2008). 200 - 400 m breaststroke event dominate among knee overuse injuries in elite swimming athletes. *Sportverletzung Sportschaden: Organ der Gesellschaft für Orthopädisch-Traumatologische Sportmedizin*, 22(4), 213-219.

- Lopezosa, E., Gijon, G., Garcia, I., & Ortega, A. B. (2018). Does the type of sport practised influence foot posture and knee angle? Differences between footballers and swimmers. *Research in Sports Medicine*, 26(3), 345-353.
- Nagano, Y., Kobayashi, K., Higashihara, A., & Yako, H. (2019). Japanese translation and modification of the Oslo Sports Trauma Research Centre overuse injury questionnaire to evaluate overuse injuries in female college swimmers. *PloS one*, 14(4).
- Nichols, A. W. (2015). Medical care of the aquatics athlete. National Library of Medicine. *Current Sports Medicine Reports*, 14(5), 389-396.
- Oliveira de Almeida, M., Hespanhol, L. C., & Dias Lopes, A. (2015). Prevalence of musculoskeletal pain among Swimmers in an elite national tournament. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(7), 1026-1034.
- Patrikova, E., Gonzalez, J., Willsmer, N., Sousa, A., & Williams, S. (2019). Individualising training in swimming: Evidence for utilising the critical speed and critical stroke rate concepts. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(5), 617-624.
- Pollock, S., Gaoua, N., Johnston, M. J., Cooke, K., Girard, O., & Mileva, K. N. (2019). Training Regimes and Recovery Monitoring Practices of Elite British Swimmers. *Journal of Sports Science & Medicine*, 18(3), 577-585.
- Rodeo, S. A. (1999). Knee pain in competitive swimming. *Clinics in Sports Medicine*, 18(2), 379-387.
- Rovere, G. D., & Nichols, A. W. (1985). Frequency, associated factors, and treatment of breaststroke's knee in competitive swimmers. *American Journal of Sports Medicine*, 13(2), 99-104.
- Sambanis, M., Athanailidis, I., Sambanis, A., Kiritsi, O., Tsitias, K., & Charalambos, I. (2013). A study of musculoskeletal injuries in Greek male and female swimmers. *Journal Novel Physiotherapies*, 3(2), 2-4.
- Silva, A., Persyn, U., Colman, V., & Alves, F. (2005). Los principios biomecánicos de las técnicas simétricas en natación deportivos. *European Journal of Human Movement*, (13), 37-53.
- Soder, R. B., Mizerkowski, M. D., Petkowicz, R., & Baldisserotto, M. (2012). MRI of the knee in asymptomatic adolescent swimmers: a controlled study. *British Journal of Sports Medicine*, 46(4), 268-272.
- Villa, Z., Carrasco, L., Martínez, E., & Nadal, C. (2005). Rodilla del bracista: valoración de la incidencia y propuesta de intervención fisioterápica en nadadores de competición. *Efdeportes. com. Lecturas: Educación Física y Deportes*, 89.
- Vizolyi, P., Taunton, J., Robertson, G., Filsinger, L., Shannon, H. S., & Gleave, M. (1987). Breaststroke's knee: an analysis of epidemiological and biomechanical factors. *American Journal of Sports Medicine*, 15(1), 63-71.
- Wanivenhaus, F., Fox, A. J., Chaudhury, S., & Rodeo, S. A. (2012). Epidemiology of injuries and prevention strategies in competitive swimmers. *Sports Health*, 4(3), 246-251.
- Wolf, B. R., Ebinger, A. E., Lawler, M. P., & Britton, C. L. (2009). Injury patterns in Division I collegiate swimming. *American Journal of Sports Medicine*, 37(10), 2037-2042.

Zoraida, C., Sanfilippo, L., & Jivelekian, A. (2012). Lesiones y accidentes deportivos en nadadores federados. Instituto Superior de Deportes, Buenos Aires. *Revista electrónica para entrenadores y preparadores físicos. ISDe Sports Magazine*, 7(24).