

Modelización matemática para la predicción y prevención de lesiones deportivas Mathematical modeling for prediction and prevention of sports injuries

María del Carmen Juan Llamas

Universidad Complutense de Madrid (España)

Resumen. La predicción de lesiones deportivas a través de modelos matemáticos proporciona a entrenadores y deportistas información y herramientas para su prevención. Sabiendo dónde y/o cuándo pueden surgir problemas físicos en los atletas, se tratará de evitar que efectivamente aparezcan a través de estrategias como la modificación de los planes de entrenamiento y/o su intensidad, el tratamiento preventivo de posibles lesiones futuras, etc. En este artículo se lleva a cabo una revisión bibliográfica con el fin de determinar si el uso de modelos matemáticos para pronosticar lesiones es un método válido como medida de prevención en la práctica deportiva. Se concluye que las ecuaciones de regresión logística desarrolladas hasta la fecha no tienen en cuenta todos los factores que influyen en la aparición de lesiones, como variables psicológicas y factores externos que afectan a la vulnerabilidad del deportista. Por tanto, se propone la realización de nuevas fórmulas que engloben más factores causales de éstas, además de la creación de aplicaciones informáticas que utilicen dichos modelos para facilitar la labor de los especialistas del deporte.

Palabras Clave: Lesiones, predicción, modelos matemáticos, epidemiología, Shambaugh.

Abstract. The prediction of sports injuries using mathematical models provides coaches and athletes with information and tools for their prevention. By knowing where and/or when physical problems may arise in athletes, we can try to prevent them from appearing through strategies such as the modification of training plans and/or workout intensity, the preventive treatment of possible future injuries, etc. In this paper a systematic literature review was carried out to establish if the use of mathematical models for prediction of injuries is a valid method to be used in sports practice as a preventive measure. It is concluded that the logistic regression equations developed to date do not have in consideration all the variables that influence the appearance of injuries, such as psychological variables and external factors that affect the athlete's vulnerability. Therefore, it is proposed to make new formulas that include more causal factors of these, in addition to the creation of computer applications that apply these equations in order to facilitate the work of the sports specialist.

Keywords: Injuries, prediction, mathematical models, epidemiology, Shambaugh

Introducción

En la actualidad, tanto el interés por realizar actividades físicas y deportivas como su número de practicantes, ha experimentado un crecimiento progresivo que, además de constituir una alternativa al ocio y al tiempo libre, produce beneficios para la salud (Abenza, 2010; Fernández, Cruz, Cueto, Salazar & Cruz, 2008; Mummery, Schofield & Spence, 2002). Lógicamente, todo tipo de acción conlleva sus riesgos, y en la práctica deportiva esto no es una excepción. Conocer y comprender los mecanismos que producen una lesión deportiva, puede hacer posible una prevención más eficaz.

A fecha de hoy, no existe una definición de lesión universalmente aceptada. La bibliografía actual destaca que los criterios más utilizados para el registro de una lesión deportiva son: la necesidad de asistencia médica, el grado del daño sufrido en los tejidos y la pérdida de sesiones de entrenamiento y/o de competiciones (DeLee & Farnley, 1992; Ekstrand, Timpka & Häggglund, 2006; Fuller, Smith, Junge & Dvorak, 2004; Gabbett & Domrow, 2005; Gissane, Jennings, Kerr & White, 2002; Goldberg, Moroz, Smith & Ganley, 2007; Morgan & Oberlander, 2001, en Pujals, 2013). Algunos estudios utilizan simultáneamente estos tres aspectos, y otros sólo alguno de ellos. Sin embargo, este artículo aboga por la conceptualización de lesión deportiva realizada por el departamento médico del Comité Olímpico Internacional (COI) (Junge et al., 2009) para la «28ª edición de los Juegos Olímpicos de verano en Beijing (2008)», que tiene en cuenta estas tres caracterís-

ticas. Según este organismo, el registro de lesiones se debía realizar según la siguiente definición de lesión deportiva:

«cualquier queja o afección músculo-esquelética, sea ésta de carácter traumática o por sobrecarga, ocurrida durante la competencia o el entrenamiento y que requiera de la atención médica independientemente de las consecuencias que traiga aparejada al deportista (...) (p.2166)» (Junge et al., 2009).

Numerosos estudios publicados en revistas científicas, mayoritariamente en el ámbito de la medicina deportiva, han analizado de forma exhaustiva las lesiones producidas en deportes concretos: escalada (Lum & Park, 2019), waterpolo (Hams et al., 2019), cricket (Soomro et al., 2018), rugby (Leung et al., 2017), remo (Smoljanoviæ et al., 2018), deportes de combate (Hammami et al., 2018), deportes con pesas (Keogh & Winwood, 2016), etc.

Asimismo, se han encontrado varias clasificaciones de los factores causantes de dichas lesiones deportivas. Destacados estudios epidemiológicos (Cruz-Márquez et al., 2012; Dvorak & Junge, 2000; Murphy, Connolly & Beynnon, 2003, entre otros) clasifican estos factores en dos tipos, los intrínsecos y los extrínsecos; los primeros se refieren a las propias características del individuo, como composición corporal, falta de preparación física, historial de lesiones, fatiga o conductas de riesgo, etc.; y los segundos incluyen las variables relacionadas con el clima, las instalaciones, el material o el comportamiento de otros deportistas, entre otros. Fernández et al. (2008) identifican como factores relacionados con el riesgo de sufrir lesiones deportivas las técnicas incorrectas en el entrenamiento, los equipamientos deteriorados o inadecuados, y las anomalías biomecánicas y antropométricas. Pujals, en 2013, clasificó las variables relacionadas con las lesiones deportivas, por un lado, en varia-

bles sociodemográficas (edad y sexo), deportivas (nivel competitivo, modalidad deportiva/estructura deportiva/grupo deportivo, número de sesiones por semana, horas de entrenamiento por semana, tiempo de práctica ininterrumpida y número de competiciones/partidos por temporada) y referentes a la lesión (frecuencia de lesiones, tejido afectado, diagnóstico, localización anatómica, grado de severidad, tiempo de ausencia o tiempo de baja en entrenamiento y/o competición, evento desencadenante, momento, tratamiento utilizado, tiempo de desarrollo y fase de la temporada); y, por otro lado, en variables psicológicas (locus de control, recursos de afrontamiento, apoyo social percibido, autoeficacia percibida, tendencia al riesgo y ansiedad).

Sin embargo, sólo una parte de estas variables que hacen vulnerable al deportista se emplean en los modelos matemáticos (o ecuaciones que tratan de medir la relación entre la variable resultado y la/s variable/s predictor/a/s) para la predicción y prevención de las lesiones (Fernández, 2004; Fernández et al., 2008; Salazar, 2000; Shambaugh, Klein & Herbert, 1991). Los pioneros en la elaboración de estas ecuaciones fueron Shambaugh et al., en 1991, que desarrollaron un modelo de regresión logística que predice con éxito la probabilidad de lesión en las extremidades inferiores del 91% de los jugadores de baloncesto estudiados. Para ello, estos autores emplearon tres variables: el ángulo-Q de la rodilla derecha, el ángulo-Q de la rodilla izquierda y la diferencia de peso en apoyo entre ambas piernas.

$$\frac{1}{1 + e^{-0.36 + 0.48 \times \text{Desviación del ángulo Q derecho} + 0.86 \times \text{Desviación del ángulo Q izquierdo} - 7.04}}$$

Figura 1. Índice de lesiones de Shambaugh et al. (1991)

Siguiendo esta misma línea de investigación, Grubbs, Nelson y Bandy (1997) determinaron que la modelización realizada por Shambaugh et al. (1991) no era un instrumento válido para la predicción de lesiones por la inconsistencia de la fórmula, ya que ésta no tenía en cuenta varios factores, como consensuar una definición de lesión, diferencias entre distintos tipos de poblaciones, diferencias de género ya que no incluye sujetos femeninos o no tener en cuenta el tiempo de entrenamiento, entre otros (Ábalo, 2011). Posteriormente, Salazar (2000) desarrolló una ecuación para la predicción de lesiones aplicando el índice de Shambaugh (Shambaugh et al., 1991), utilizando la definición de lesión de Grubbs et al. (1997) e incluyendo en su estudio sujetos de ambos sexos.

$$\frac{1}{1 + e^{-0.1621 - 0.06344 \times \text{fórmula matemática de Shambaugh et al. (1991)}}}$$

Figura 2. Índice de lesiones de Salazar (2000)

Ese mismo año, Shambaugh y Klein (2000; citado en Salazar, 2000), añadieron una variable más a su fórmula original, el cuadrado de la diferencia entre el perímetro de los muslos.

$$\frac{1}{1 + e^{-0.27 + 1.46 \times \text{Cuadrado de la diferencia entre el grosor de los muslos} + 0.22 \times \text{Diferencia del ángulo Q entre ambas rodillas} + 0.94 \times \text{Anormal ángulo Q derecho} - 6.46}}$$

Figura 3. Índice de lesiones de Shambaugh y Klein (2000)

En 2004, Fernández introdujo en una ecuación de regresión logística el grosor del muslo como variable para pronosticar lesiones en otra disciplina deportiva, el atletismo. Los resultados mostraron que su modelo fue capaz de predecir, con un acierto del 73%, los atletas que podían lesionarse.

$$\frac{1}{1 + e^{-0.757 \times \text{Ángulo Q Izquierdo} - 0.647 \times \text{cuadrado de la diferencia entre el grosor de los muslos}}}$$

Figura 4. Índice de lesiones de Fernández et al. (2004)

Por otro lado, son muchos los estudios (Chena, Rodríguez & Bores, 2020; Hodgson, Standen & Batt, 2006; Lystad, Pollard & Graham, 2009; Orchard & Seward, 2002) que miden la tasa de lesión teniendo en cuenta el número de lesiones por cada 1000 horas de exposición (entrenamientos y/o competiciones) de los deportistas. Además, diferentes autores sugieren métodos de cálculo de la tasa de incidencia de lesión (King et al., 2009; Ribeiro & Pena Costa, 2006), como el siguiente:

$$\frac{\text{Incidencia de lesión por exposición} = \text{Número de lesiones en un determinado periodo}}{\text{Nº de jugadores} \times \text{Horas} \times \text{Exposición (entrenamiento + partidos)}} \times 1000$$

Figura 5. Incidencia de lesión por exposición (King et al., 2009; Ribeiro & Pena Costa, 2006)

Sin embargo, surgen dudas acerca de si se podrían combinar las fórmulas de las Figuras 1, 2, 3 o 4 con la de la Figura 5, o si existiría la posibilidad de introducir otro tipo de factores en las ecuaciones de regresión logística.

Este artículo desea precisar si el uso de modelos matemáticos para pronosticar lesiones es un método válido para su utilización en la práctica deportiva. Por este motivo, se analizó una extensa variedad de investigaciones acerca de lesiones específicas de cada deporte con el objeto de conocer los factores causales de éstas. La idea es poder incluir nuevas variables (tanto intrínsecas, como extrínsecas y psicológicas) en las ecuaciones de regresión logística y crear modelos específicos para cada deporte. Asimismo, se propone la realización de modelizaciones para los miembros superiores, debido a que la bibliografía encontrada de ecuaciones de regresión logística centrada en estas partes del cuerpo es prácticamente inexistente.

Finalmente, cabe destacar que, en la sociedad actual, en la que hay una clara tendencia al uso constante de tecnologías (Juan-Llamas, 2018) y en la que existen multitud de herramientas informáticas para el entrenamiento y el control de los deportistas, no hay ninguna aplicación informática que utilice ecuaciones de regresión logística para la prevención de lesiones, lo que sería imprescindible para fomentar su utilización por parte de entrenadores y/o especialistas del deporte como instrumento de apoyo. Los entrenadores necesitan herramientas eficaces para la realización de los procesos de planificación, control y análisis del entrenamiento en el menor tiempo posible para conseguir mejorar los resultados en las competiciones (Pereira et al., 2012). Por ello, se propone dicha creación con el fin de anticipar y prevenir las lesiones de los atletas en los entrenamientos y/o competiciones.

Metodología

El objetivo fundamental esta investigación es determinar qué se sabe acerca de la temática escogida, la modelización matemática aplicada a las lesiones deportivas en este caso, qué se ha investigado hasta el momento y qué aspectos se desconocen para identificar las lagunas de dicha temática (Guirao-Goris, Olmedo & Ferrer, 2008). Para ello, se ha realizado una completa búsqueda bibliográfica de artículos académicos en el ámbito de las ciencias del deporte y de la medicina deportiva fundamentalmente y, en menor medida, en otros ámbitos como Enfermería, Psicología, Fisioterapia, Fisiología, en base a criterios como el grado de pertinencia y rela-

ción con el tema objeto de estudio, el idioma (inglés y español) y la fecha (recabando artículos recientes, publicados entre 2000 y 2019, exceptuando los citados en la introducción). Para su realización, los términos a buscar fueron *sport injuries*, *epidemiology injuries*, *sport injuries mathematics*, *sport injuries logistic*, *sport injuries model*, *sport injuries regression*, y estos mismos en español, insertando en ocasiones los operadores booleanos AND u OR en dichas búsquedas, para una mayor efectividad de éstas.

Las bases de datos utilizadas fueron *Teseo*, *Pubmed*, *Medline*, *Dialnet*, *Worldcat* y *Rebiun*, además del uso de buscadores como *Google Académico* y algunas revistas científicas de acceso libre. Se han encontrado más de 110 investigaciones acerca de lesiones deportivas que se han podido clasificar: por deportes; por sexo y edad; por factores psicológicos, psicosociales o físicos; por partes del cuerpo; por zonas geográficas, etc. Cabe señalar que gran parte de estos estudios son difícilmente clasificables por pertenecer a varias de estas clasificaciones. En esta minuciosa revisión se observa que: casi el 33% de los trabajos encontrados son de revisión o metaanálisis; más del 20% son específicamente de fútbol, sin tener en cuenta las investigaciones que incluyen varios deportes y, entre ellos, el fútbol; y que tan sólo el 8% de los artículos encontrados menciona la modelización matemática aplicada a lesiones deportivas. Además, la autora hubiera optado por hacer un metaanálisis de este 8%, si bien la estructura de estos estudios no ha permitido realizar este tipo de investigación.

Desarrollo y discusión

El pronóstico de lesiones deportivas a través de modelos matemáticos puede proporcionar a entrenadores y deportistas información y herramientas para evitar la lesión a través de estrategias como la modificación de los planes de entrenamiento y/o de su intensidad, el tratamiento preventivo de posibles lesiones futuras, o la intensificación de programas específicos de fortalecimiento muscular o trabajo localizado, entre otros. Se han encontrado artículos que abogan por la práctica deportiva para la prevención de lesiones (González-Fernández et al., 2020; Valenzuela et al., 2019). Sin embargo, estas actuaciones orientadas a fortalecer la zona que podría lesionarse no se han implementado de manera sistemática en muchas modalidades deportivas, a pesar de haberse demostrado su elevada eficacia (Casáis, 2008).

Investigaciones posteriores a las mostradas en la introducción (Ábalo, 2011; Cruz-Márquez et al., 2012; Fernández et al., 2008; Fernández, Cruz, Cruz, Porcel & Cueto, 2009; Cruz et al., 2008; Vernetta, Gutiérrez & Ábalo, 2009) aseguran que el análisis de regresión logística es un método fiable y sencillo para la predicción y prevención de lesiones deportivas en miembros inferiores, que se puede utilizar en la práctica común de la medicina deportiva. Los porcentajes de éxito en la predicción, obtenidos por Fernández (2004) y Shambaugh et al. (1991), han conferido a este tipo de métodos un alto grado de fiabilidad, además de suponer un gran avance en la investigación de las lesiones en general. Vernetta et al. (2009) plantean la necesidad de una fórmula matemática adaptada a las posibles lesiones de las gimnastas de aeróbic de competición para su predicción, basada en los modelos

de Shambaugh et al. (1991), Salazar (2000) y Fernández (2004) y, a ser posible, que incluya los miembros superiores e inferiores. Sin embargo, y a pesar de todas estas investigaciones, se ha detectado una clara disminución del interés por estudios que giran en torno a la modelización matemática aplicada a la prevención de lesiones deportivas, dada la ausencia de éstos en los últimos años.

Por otro lado, multitud de artículos en el ámbito de la medicina deportiva contienen exhaustivas clasificaciones de lesiones (Fernández et al., 2008; Keogh & Winwood, 2016; Lum & Park, 2019, entre otros), en las cuales se advierten varios puntos a destacar, como que cada modalidad deportiva tiene las suyas propias, como el codo de tenista (Abrams, Renstrom & Safran, 2012); que en cada deporte predominan lesiones que son más recurrentes, como las de hombro en waterpolo (Hams et al., 2019) o las de espalda en remo (Smoljanoviæ et al., 2018); y que dentro de un deporte concreto, éstas también dependen de la posición del jugador ya que, por ejemplo, no tiene las mismas lesiones un defensa que un delantero o portero en fútbol (Chena, Rodríguez & Bores, 2020). El conocimiento de las lesiones más frecuentes en cada uno de los deportes podría dar lugar a la creación de programas de prevención específicos que disminuyan la tasa de lesiones (Danes-Daetz, Rojas & Tapia, 2020) y la opción que se propone en este artículo es volver al uso de las ecuaciones de regresión logística, añadiendo a éstas más factores para una mejor predicción y, por tanto, para una mayor prevención con el fin de mejorar el rendimiento general del atleta.

Tradicionalmente, en la creación de fórmulas para la predicción de lesiones sólo se han contemplado variables biomecánicas y antropométricas (Fernández, 2004; Fernández et al., 2008; Salazar, 2000; Shambaugh, Klein & Herbert, 1991) o se ha medido la tasa de lesión con el número de lesiones por cada 1000 horas de exposición de los deportistas (King et al., 2009; Ribeiro & Pena Costa, 2006). Sin embargo, Salazar (2000) desarrolló una ecuación para la predicción de lesiones y en su estudio sí tuvo en cuenta sujetos de ambos sexos, si bien no introdujo esta variable en la fórmula (Figura 2).

Cabe señalar que existen diversas referencias respecto a la relación entre el sexo y la aparición de lesiones deportivas (Brant et al., 2019; Flaxman, Smith & Benoit, 2014; Tenforde et al., 2013, en Danes-Daetz, Rojas & Tapia, 2020); entre el porcentaje de jugadores lesionados y su edad (Chena, Rodríguez & Bores, 2020) y que, cada vez son más los estudios que relacionan otro tipo de factores con el riesgo de lesión, como las variables psicológicas y sociales de las investigaciones de Ivarsson et al. y Johnson e Ivarsson de 2017, en las que cuales también se analizan los efectos de las intervenciones psicológicas para su prevención. Abenza (2010) señala que los factores personales y situacionales que acompañan a la lesión pueden condicionar positiva o negativamente las inevitables consecuencias de la misma e influir en su recuperación. Asimismo, Pujals (2013) señala que, además de todos los factores intrínsecos y extrínsecos, se deben tener en cuenta las variables psicológicas ya que éstas, directa o indirectamente, pueden aumentar la vulnerabilidad del deportista, influir en la recuperación de una lesión ya contraída o inducirle a comportamientos inadecuados que puedan ocasionarla. Los factores psicológicos también tie-

nen una gran importancia, patente en varios estudios ya que, desde hace unas décadas y hasta ahora, se ha producido un gran aumento de investigaciones en el campo de la medicina del deporte acerca de las variables psicológicas que afectan al riesgo de lesión del deportista (Cruz-Márquez et al., 2012; Ivarsson et al., 2017; Pujals, 2013; Zurita et al., 2014). De hecho, la investigación de Pujals (2013) empleó varios informes y cuestionarios diseñados y validados por la misma autora (para el estudio de las variables sociodemográficas, deportivas, y referentes a la lesión y a su incidencia), y por otros autores (para el estudio de variables psicológicas), como el Cuestionario de Aproximación al Afrontamiento en el Deporte (ASCQ) (Kim, Duda, Tomas & Balaguer, 2003), el DOSPERT (Tendencia al riesgo o probabilidad del individuo de involucrarse en actividades de riesgo y percepción de riesgo) (Horcajo, Rubio, Aguado, Hernández y Márquez, 2013) o la Escala Multidimensional de Apoyo Social Percibido (Landeta & Calvete, 2002), entre otros, demostrando con ellos la existencia de un elevado grado de correlación entre las variables psicológicas y la vulnerabilidad del deportista a lesionarse. En la investigación de Zurita et al. (2014) se emplearon cuatro cuestionarios (SCAI-2R, POMS, STAI-E/R y Cuestionario de Apoyo Social) y un instrumento diseñado *ad hoc* (el «autorregistro de lesiones deportivas») para evaluar un conjunto de variables que registraban los propios deportistas a lo largo de la temporada. Este estudio también se concluyó que las lesiones deportivas son multicausales, es decir, que se ven afectadas por varios factores como los físicos, los fisiológicos, los deportivos y los psicológicos.

En cuanto a la creación de modelos matemáticos para la predicción de lesiones, Fernández et al. (2008) afirman que estas ecuaciones sólo tienen en cuenta el último grupo de factores de su clasificación, las variables biomecánicas y antropométricas, dejando de lado otro tipo de variables (como las ambientales, las situacionales o las psicológicas) que afectan de manera clara a la vulnerabilidad del deportista. Otra limitación de los modelos podría ser que dichas fórmulas están centradas principalmente en deportes de alto impacto y sólo incluyen lesiones que afectan a los miembros inferiores. Los deportistas participantes en el estudio de Pujals (2013) corroboraron que las zonas corporales más afectadas por lesiones son las extremidades, destacando la vulnerabilidad de los miembros inferiores. Este punto pudiera justificar que los modelos matemáticos hasta ahora existentes giren en torno a estas extremidades. Sin embargo, esto no justifica la falta de estudios con ecuaciones de regresión logística para la predicción de lesiones en las extremidades superiores, o que estas fórmulas no incluyan otro tipo de factores causales de lesiones como los expuestos en este artículo.

Conclusiones

Las investigaciones realizadas hasta el momento ponen de manifiesto que las ecuaciones de regresión logística pueden ser un método válido y fiable para la predicción y prevención de lesiones, si bien se considera incompleto. Los modelos matemáticos desarrollados hasta la fecha sólo tienen en cuenta variables antropométricas y biomecánicas y no incluyen factores psicológicos, situacionales o ambien-

tales que, como se ha demostrado, también influyen en la aparición de lesiones en el deportista. Por este motivo, se observa la necesidad de desarrollar herramientas y estrategias específicas para la medición de las características psicológicas y de factores externos que afectan a la vulnerabilidad del deportista con el objeto de poder realizar una mejora de las ecuaciones de regresión logística ya existentes.

Asimismo, se proponen modelizaciones matemáticas que se adapten a cada modalidad deportiva y a miembros superiores e inferiores, además de la realización del diseño y la implementación de herramientas informáticas que realicen estos cálculos. El entrenador o especialista del deporte sólo tendría que introducir los datos concretos del atleta para saber si existe riesgo de lesión, por lo que dichas aplicaciones servirían para facilitar su trabajo, y su existencia produciría un aumento del uso de las ecuaciones de regresión logística, con el fin de anticipar y prevenir las lesiones de los deportistas.

Por lo tanto, se concluye que sería necesario seguir investigando para consolidar la modelización matemática como instrumento para el pronóstico de lesiones en el futuro.

Referencias

- Ábalo, R. (2011). *Predicción de lesiones en deportistas de Gimnasia Aeróbica mediante ecuaciones de regresión logística*. Tesis Doctoral. Universidad de Vigo, Vigo.
- Abenza, L. (2010). *Psicología y lesiones deportivas: Un análisis de factores de prevención, rehabilitación e intervención psicológica*. Tesis doctoral. Universidad Católica San Antonio, Murcia.
- Abrams, G. D., Renstrom, P. A., & Safran, M. R. (2012). Epidemiology of musculoskeletal injury in the tennis player. *British Journal of Sports Medicine*, 46, 492-498. doi: 10.1136/bjsports-2012-091164
- Casáis, L. (2008). Revisión de las estrategias para la prevención de lesiones en el deporte desde la actividad física. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 157, 30-40.
- Chena, M., Rodríguez, M. L., & Bores, A. (2020). Epidemiology of injuries in young Spanish soccer players according to the playing positions. *Retos*, 38, 459-464.
- Cruz-Márquez, J. C., Cruz-Campos, A., Cruz-Campos, J. C., Cueto-Martín, M. B., García-Jiménez, M., & Campos-Blasco, M. T. (2012). Prediction of Sports Injuries by Mathematical Models. En Kenneth R. Zaslav. *An International Perspective on Topics in Sports Medicine and Sports Injury* (333-354). Rijeka, Croatia: InTech. doi: 10.5772/26082
- Cruz, J. C., García, L., Vila, J., García, E., Cruz, J. C., & Cueto, B. (2008). Fernandez's index in sports injuries prediction. *Archivos de medicina del deporte*, 25, 570-570.
- Danes-Daetz, C., Rojas, F., & Tapia, V. (2020). Lesiones deportivas en deportistas universitarios chilenos. *Retos*, 38, 490-496.
- Dvorak, J., & Junge, A. (2000). Football injuries and physical symptoms. A review of the literature. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(5_suppl), 3-9. doi: 10.1177/28.suppl_5.s-3
- Fernández, A. (2004). *Predicción de lesiones en jóvenes atletas mediante ecuaciones de regresión logística*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, Granada.
- Fernández, A., Cruz, J. C., Cueto, B., Salazar, S., & Cruz, J. C. (2008). Prediction of sports injuries through mathematical models. *Apunts Medicina de L'Esport*, 43(157), 41-44. doi: 10.1016/S1886-6581(08)70067-7

- Fernández, A., Cruz, J. C., Cruz, J. C., Porcel, A., & Cueto, B. (2009). Injury prevention through logistic regression equations. *Journal of Sports Science and Medicine*, 241-242.
- González-Fernández, F. T., Falces-Prieto, M., Baena-Morales, S., Romance-García, A. R., Adalid-Leiva, J. J., & Morente-Oria, H. (2020). Propuesta de un programa de entrenamiento propioceptivo en fútbol para prevenir lesiones deportivas. *Trances*, 12(1), 19-30.
- Grubbs, N., Nelson, R., & Bandy, W. (1997). Predictive validity of an injury score among high school basketball players. *Medicine Science Sports Exercise*, 29, 1279-1285.
- Guirao-Goris, J. A., Olmedo, A., & Ferrer, E. (2008). El artículo de revisión. *Revista Iberoamericana de Enfermería Comunitaria*, 1, 1, 6.
- Hammami, N., Hattabi, S., Salhi, A., Rezgui, T., Oueslati, A., & Bouassida, M. (2018). Combat sport injuries profile: A review. *Science & Sports*, 33, 73-79. doi: 10.1016/j.scispo.2017.04.014
- Hams, A., Evans, K., Adams, R., Waddington, G., & Witchalls, J. (2019). Epidemiology of shoulder injury in sub-elite level water polo players. *Physical Therapy in Sport*, 35, 127-132. doi: 10.1016/j.ptsp.2018.12.001
- Hodgson, L., Standen, P., & Batt, M. (2006). An analysis of injury rates after seasonal change in rugby league. *Clinical Journal of Sports Medicine*, 16(4), 305-310. doi: 10.1097/00042752-200607000-00004.
- Horcajo, J., Rubio, V. J., Aguado, D., Hernández, J. M., & Márquez, M. O. (2014). Using the Implicit Association Test to Assess Risk Propensity Self-concept: Analysis of the Predictive Validity over a Risk-taking Behavior in a Natural Setting. *European Journal of Personality*, 28, 459-471. doi: 10.1002/per.1925
- Ivarsson, A., Johnson, U., Andersen, M. B., Tranaeus, U., Stenling, A., & Lindwall, M. (2017). Psychosocial Factors and Sport Injuries: Meta-analyses for Prediction and Prevention. *Sports Medicine*, 47(2), 353-365. doi: 10.1007/s40279-016-0578-x
- Johnson, U., & Ivarsson, A. (2017). Psychosocial factors and sport injuries: prediction, prevention and future research directions. *Current Opinion in Psychology*, 16, 89-92. doi: 10.1016/j.copsyc.2017.04.023
- Juan-Llamas, C. (2018). *Desarrollo y validación de un programa informático de apoyo a instructores de centros deportivos*. Tesis doctoral. Universidad de Alcalá, Madrid.
- Junge, A., Engebretsen, L., Mountjoy, M., Alonso, J. M., Renström, A. F. H., Aubry, M. J. & Dvorak, J. (2009). Sports injuries during the summer Olympic Games 2008. *The American Journal of Sports Medicine*, 37(11), 2165-2172. doi: 10.1177/0363546509339357
- Keogh, J. W. L., & Winwood, P. W. (2016). The Epidemiology of Injuries across the Weight-Training. *Sports Medicine*, 47(3), 479-501. doi: 10.1007/s40279-016-0575-0
- Kim, M. S., Duda, J. L., Tomas, I., & Balaguer, I. (2003). Examination of the psychometric properties of the spanish version of the approach to coping in sport questionnaire. *Revista de Psicología del Deporte*, 12(2), 197-212.
- King, D. A.; Gabbett, T. J.; Gissane, C., & Hodgson, L. (2009). Epidemiological studies of injuries in rugby league, suggestions for definitions, data collection and reporting methods. *Journal of Science & Medicine in Sport*, 12(1), 12-19. doi: 10.1016/j.jsams.2007.12.001
- Landeta, O., & Calvete, E. (2002). Adaptación y Validación de la Escala Multidimensional de Apoyo Social Percibido. *Ansiedad y Estrés*, 8, 173-182.
- Leung, F. T., Franettovich, M. M., Brown, M., Rahmann, A., Mendis, A. D., & Hides, J. A. (2017). Epidemiology of injuries in Australian school level rugby union. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20, 740-744. doi: 10.1016/j.jsams.2017.03.006
- Lum, Z. C., & Park, L. (2019). Rock climbing injuries and time to return to sport in the recreational climber. *Journal of Orthopaedics*, 16, 361-363. doi: 10.1016/j.jor.2019.04.001
- Lystad, R. P.; Pollard, H., & Graham, P. L. (2009). Epidemiology of injuries in competition taekwondo: a meta-analysis of observational studies. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(6), 614-621. doi: 10.1016/j.jsams.2008.09.013
- Mummery, W. K., Schofield, G., & Spence, J. C. (2002). The epidemiology of medically attended sport and recreational injuries in Queensland. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 5, 307-320. doi: 10.1016/S1440-2440(02)80019-6
- Murphy, D. F., Connolly, D. A., & Beynon, B. D. (2003). Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature. *British Journal of Sports Medicine*, 37(1), 13-29. doi:10.1136/bjism.37.1.13
- Orchard, J., & Seward, H. (2002). Epidemiology of injuries in the Australian Football League season 1997-2000. *British Journal of Sports Medicine*, 36(1), 39-44. doi: 10.1136/bjism.36.1.39
- Pereira, A., Pérez, I., & Pedré, D. (2012). La informática y las comunicaciones en el deporte: una revisión bibliográfica. Recuperado de <http://monografias.umcc.cu/monos/2012/Facultad%20de%20Cultura%20Fisica/mo12159.pdf>
- Pujals, C. (2013). *Epidemiología y predictores psicológicos de la lesión en el deporte: un estudio sobre 25 modalidades deportivas*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.
- Ribeiro, R. N., & Pena Costa, L. O. (2006). Análise epidemiológica de lesões no futebol de salão durante o XV Campeonato Brasileiro de seleções sub 20. *Revista Brasileira de Medicina Esporte*, 12(1), 1-5. doi: 10.1590/S1517-86922006000100001
- Salazar, S. (2000). *Aplicación del índice de Shambaugh en jugadores/as de baloncesto cadetes y junior en relación con la exposición práctica*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, Granada.
- Shambaugh, J., Klein, A., & Herbert, J. (1991). Structural measures as predictors of injury in basketball players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23, 522-527.
- Smoljanoviæ, T., Bohaèek, I., Hannafin, J., Nielsen, H. B., Hren, D., & Bojaniaè, I. (2018). Sport injuries in international masters rowers: a crosssectional study. *Croat Med J.*, 59, 258-266. doi:10.3325/cmj.2018.59.258
- Soomro, N., Strasiotto, L., Sawdagar, T., Lyle, D., Mills, D., Ferdinands, R., & Sanders, R. (2018). Cricket Injury Epidemiology in the Twenty First Century: What is the Burden? *Sports Medicine*, 48, 2301-2316. doi: 10.1007/s40279-018-0960-y
- Valenzuela, P. L., Brunner, R., Castillo-García, A., Friesenbichler, B., Casartelli, N. C., Morales, J. S., ..., & Nierdermann, K. (2019). Effectiveness of multicomponent lower extremity injury prevention programmes in team-sport athletes: an umbrella review. *British Journal of Sports Medicine*. doi:10.1136/bjsports-2019-101354
- Vernetta, M., Gutiérrez, A., & Ábalo, R. (2009). *Factores predictivos de lesiones en la gimnasia aeróbica de competición mediante la aplicación de modelos matemáticos de regresión logística*. En la Universidad de Vigo, V Congreso nacional de las ciencias del deporte y la educación física, llevado a cabo en Pontevedra, España. ISBN: 978-84-613-1660-1.
- Zurita, F., Fernández, R., Cachón, J., Linares, D., & Pérez, A. J. (2014). Aspectos psicossomáticos implicados en las lesiones deportivas. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 14(2), 81-88.