

Predicción de lesiones deportivas mediante modelos matemáticos

ANTONIO FERNÁNDEZ MARTÍNEZ^a, JUAN CARLOS DE LA CRUZ MÁRQUEZ^b, BELÉN CUETO MARTÍN^b, SANTIAGO SALAZAR ALONSO^c Y JUAN CARLOS DE LA CRUZ CAMPOS^b

^aUniversidad Pablo de Olavide. Facultad del Deporte. Departamento de Educación Física. Sevilla. España.

^bUniversidad de Granada. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Departamento de Educación Física. Granada. España.

^cInstituto Vicente Espinel. Junta de Andalucía. Consejería de Educación. Málaga. España.

RESUMEN

Las lesiones deportivas que afectan a los miembros inferiores en los deportes de más impacto, como atletismo o baloncesto, se pueden predecir mediante el uso de ecuaciones de regresión logística. El primer índice predictor de lesiones fue descrito por Shambaugh en 1991, empleando como variables dependientes el desequilibrio del peso en apoyo bipodal y la desviación del ángulo Q del cuádriceps. Salazar (2000) desarrolló una fórmula matemática predictora de lesiones basada en la de Shambaugh mediante una ecuación de regresión logística y Fernández (2004) introdujo el grosor del muslo como variable trascendente en la predicción de lesiones, aportando una ecuación más precisa. Estas investigaciones muestran que el análisis de regresión logística puede ser un método válido en la discriminación de parámetros antropométricos relacionados con las lesiones deportivas, aportando un método fiable y sencillo que se podría utilizar en la práctica médica deportiva habitual.

PALABRAS CLAVE: Lesiones. Índice predictor. Shambaugh.

ABSTRACT

Sports injuries affecting the lower extremities in high impact sports, such as athletics or basketball, can be predicted by means of logistic regression equations. The first injury score was described by Shambaugh in 1991, using imbalance in bilateral weight and deviation of the Q-angle of the quadriceps as dependent variables. Salazar (2000) developed a mathematical equation to predict lesions based on Shambaugh's score and constructed through logistic regression analysis, while Fernández (2004) introduced thigh thickness as a transcendence variable in the prediction of injuries, leading to a more precise equation. These investigations show that logistic regression analysis can be a valid method for discriminating among anthropometric parameters related to sports injuries, providing a simple and reliable method that could be used in the routine practice of sports medicine.

KEY WORDS: Injuries. Injury score. Shambaugh.

El interés por realizar ejercicio físico se va incrementando progresivamente y el número de practicantes ha experimentado una constante progresión, hasta el punto de que en nuestros días realizar ejercicio físico representa una alternativa al ocio y un beneficio para la salud. Pero el deporte representa también actualmente una actividad social y cultural de primer orden, en la que se ven implicados millones de personas en todo el mundo. Sin embargo, si bien el ejercicio físico realizado en condiciones adecuadas tiene un efecto positivo sobre la salud, aumenta por sí mismo el riesgo de lesión¹⁻³.

En la tabla I se muestra la tasa de lesiones por cada 1.000 deportistas jóvenes al año en diversos deportes.

El 39% de los españoles practican algún deporte, aunque sólo el 6% lo practica diariamente; la mitad de ese 6% padecerá algún tipo de lesión leve a lo largo de su vida⁵.

Los estudios sobre lesiones deportivas son un fenómeno relativamente reciente. En su mayoría, las primeras aproximaciones se basaron en estudios de series de casos, con el problema añadido de identificar con seguridad la causa o las causas que produjeron la lesión⁶. La aplicación de los principios de epide-

Correspondencia: Juan Carlos de la Cruz Márquez. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Departamento de Educación Física. Carretera de Alfacar s/n. 18011 Granada. España. Correo electrónico: dlcruz@ugr.es

Tabla I Tasa de incidencia de lesiones por 1.000 deportistas jóvenes al año en diversos deportes⁴

Deporte	Incidencia
Baloncesto	998
Balonmano	814
Voleibol	548
Hockey hierba	528
Artes marciales	388
Béisbol	387
Atletismo de campo y pista	295
Bádminton	204
Tenis	147
Natación	123
Patinaje sobre hielo	79

miología contribuyó a arrojar luz en la determinación de los factores de riesgo⁷.

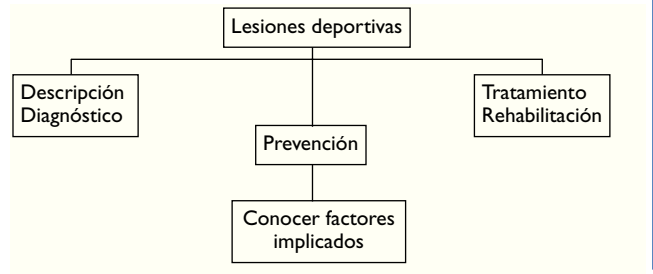
Diversos estudios han intentado identificar los factores relacionados con el incremento del número de lesiones en la práctica deportiva. La identificación de estos factores podría capacitar a entrenadores y deportistas para modificar los programas de entrenamiento y así prevenir futuras lesiones.

Tradicionalmente, las investigaciones de la medicina deportiva se han centrado en gran medida en el diagnóstico y en los aspectos terapéuticos de las lesiones deportivas (fig. 1). No obstante, la prevención debería ser uno de nuestros primeros objetivos. La adecuada prevención, un rápido diagnóstico y el tratamiento idóneo podrán posibilitar que la carrera deportiva de un deportista no se vea truncada y que logre las metas personales y profesionales que correspondan a su verdadero potencial.

La comprensión de los mecanismos de las lesiones y de los riesgos puede hacer posible una prevención más idónea. Para ello, y como señala Buceta⁸, es necesario determinar las variables que pueden incrementar la vulnerabilidad de los deportistas a lesionarse.

Podemos sugerir que hay 3 factores generales que desempeñan un papel predominante en el riesgo de padecer una lesión: técnicas incorrectas en el entrenamiento, equipamientos inadecuados o deteriorados, y anomalías biomecánicas y antropométricas. Este último grupo de factores son el punto de partida de nuestras investigaciones, donde intentamos descubrir el riesgo potencial de lesión que puede tener un deportista

Figura 1 Líneas de investigación de las lesiones deportivas.



a partir de determinados parámetros antropométricos en los miembros inferiores.

No obstante, nos adherimos a la consideración aceptada por la mayoría de los autores, sobre el carácter multifactorial que puede tener incidencia en las lesiones^{1,9-13}.

EL ANÁLISIS ANTROPOMÉTRICO COMO MECANISMO DE PREDICCIÓN DE LESIONES

Los factores individuales que han sido más frecuentemente investigados incluyen la laxitud articular¹⁴⁻¹⁷, la flexibilidad^{18,19} y variables biomecánicas o estructurales^{16,20-23}.

La comparación entre los datos obtenidos revela resultados equívocos. Nicholas¹⁷ fue el primero que intentó identificar algunos de estos factores. Encontró una correlación positiva entre jugadores de fútbol americano que presentaban valores de flexibilidad articular superiores y el índice de lesiones. No obstante, numerosos estudios posteriores no han sido capaces de corroborar esta investigación^{14-16,24,25}.

De forma similar, Steele y White²⁶ encontraron que las variables antropométricas y estructurales eran mejores indicadores de posibles lesiones en gimnastas. Así, una revisión de los estudios que relacionan la estructura corporal o biomecánica con la incidencia de las lesiones en el deporte aporta resultados más alentadores²⁰⁻²². Factores tales como la diferencia en la longitud de los miembros inferiores y el pie varo o valgo han demostrado consistentemente que están relacionados con una mayor incidencia de lesiones de las extremidades inferiores; en la mayoría de estos estudios la muestra principalmente usada eran corredores²⁰⁻²².

PREDICCIÓN DE LESIONES MEDIANTE REGRESIÓN LOGÍSTICA

Los modelos de regresión engloban una serie de técnicas matemáticas que tratan de medir la relación entre una

variable resultado y una o diversas variable/s predictor/s.

Shambaugh²³ ha publicado una fórmula matemática que muestra resultados prometedores al relacionar algunas medidas estructurales con la incidencia de lesiones en las extremidades inferiores en jugadores de baloncesto. Desarrolló una ecuación de regresión logística de 3 variables que predecía la probabilidad de lesión en un 91% de los jugadores de baloncesto.

Índice de lesiones de Shambaugh²³

$$\text{Desequilibrio de peso} \times 0,36 + \text{desviación del ángulo Q derecho} \times 0,48 + \text{desviación del ángulo Q izquierdo} \times 0,86 - 7,04$$

Las 3 variables usadas fueron el ángulo Q de la rodilla derecha, el ángulo Q de la rodilla izquierda y la diferencia de peso en apoyo de ambas piernas. Se observó que un resultado de lesión mayor que cero era un indicador de lesión en las extremidades inferiores, mientras que un resultado menor que cero era indicador de la probabilidad de no lesionarse. Cuanto mayor era la magnitud del resultado, mayor era la probabilidad de que un jugador recayera en una u otra categoría.

Sin embargo, los resultados de Grubbs²⁷, que sometía a estudio la ecuación de regresión logística de Shambaugh²³, determinaron que no era una herramienta válida en la predicción de la probabilidad de padecer una lesión. Entre las posibles causas que propone Grubbs²⁷ para explicar la inconsistencia de la fórmula de Shambaugh destacan las diferentes poblaciones de estudio, el diseño y el método, no incluir sujetos femeninos en el estudio, no consensuar una definición de lesión y no tener en cuenta el tiempo de exposición práctica.

Basándose en ambos estudios, Salazar²⁸ aplica el índice de Shambaugh en jugadores de baloncesto en relación con la exposición práctica, incluyendo sujetos de ambos sexos y utilizando la definición de lesión de Grubbs²⁷. Los resultados que obtiene hacen recomendable el análisis de regresión logística como una herramienta positiva para analizar medidas antropométricas y morfoconstitucionales entre una población y diferenciar agentes de riesgo en un deporte. No obtiene resultados tan satisfactorios como Shambaugh²³, pero los valores obtenidos son lo suficientemente satisfactorios como para recomendar su uso.

Salazar²⁸ aporta una nueva fórmula matemática predictora de lesiones en jugadores/as adolescentes de baloncesto, elaborada a partir de la original de Shambaugh²³ y construida mediante un análisis de regresión logística. Sin embargo, la bondad de su poder predictor de lesiones no está lo suficientemente probada.

Índice de lesiones de Salazar²⁸

$$1/1 + e^{0,1621 - 0,06344 \times \text{media índice de Shambaugh}^*}$$

Paralelamente, Shambaugh²⁹ presentó en un congreso en el año 2000 una modificación de su fórmula original (Salazar²⁸) que incluía 4 variables en lugar de las 3 utilizadas para su ecuación de regresión logística. La nueva variable era el cuadrado de la diferencia entre el grosor de los muslos. Tampoco ha sido suficientemente utilizada en investigaciones científicas.

Índice de lesiones de Shambaugh²⁹

$$\text{Desequilibrio de peso} \times 0,27 + 1,46 \times \text{cuadrado de la diferencia entre el grosor de los muslos} + 0,22 \times \text{diferencia del ángulo Q entre ambas rodillas} + 0,94 \times \text{anormal ángulo Q derecho} - 6,46$$

Basándonos en estas investigaciones, nuestro grupo de investigación ha sometido a análisis las diferentes variables predictoras en una población deportiva diferente, considerando atletas de carreras y saltos de ambos sexos y con edades comprendidas entre los 14 y los 18 años³⁰. Nuestro objetivo fue hallar una herramienta válida para predecir el riesgo de lesión en la población citada, obteniendo el siguiente algoritmo matemático:

Índice de lesiones de Fernández³⁰

$$1/1 + e^{-(0,757 \times \text{AQI} - 0,647 \times \text{DGM2})}$$

donde AQI es el ángulo Q izquierdo, y DGM2, el cuadrado de la diferencia entre el grosor de los muslos.

El porcentaje global de buena clasificación del modelo obtenido fue del 68,6%. El punto de corte (0,5) indica que los sujetos con valores iguales o superiores a 0,5 quedarían encuadrados en la categoría de posibles lesionados, mientras que un valor inferior los encuadraría dentro de la categoría de posibles ilesos.

Estas investigaciones muestran que el análisis por regresión logística puede ser un método válido en la discriminación de parámetros antropométricos relacionados con las lesiones deportivas. No obstante, es necesario seguir investigando para consolidar que el análisis de la estructura corporal del deportista puede ser un buen instrumento en el pronóstico de lesiones en el futuro, mejorando los logros deportivos así como la salud de éstos.

*La media índice de Shambaugh hace referencia a la fórmula matemática propuesta por Shambaugh²³.

Bibliografía

1. Jacobs S, Berson, B. Injuries to runner's: a study of entrants to a 10,000 meters race. *Am J Sports Med.* 1986;14:151-5.
2. Walter SD, Hart L, McIntosh J. The Ontario cohort study of running related injuries. *Arch Intern Med.* 1989;149:2561-4.
3. Ellis J, Henderson J. *Running Injury-Free.* Emmaus, PA: Rodale, Inc.; 1994.
4. Backx FJ, Beijer HJM, Bol E, Erich WBM. Injuries in high-risk persons and high-risk sports. A longitudinal study of 1,818 school children. *Am J Sports Med.* 1991;19:124-30.
5. Villalón JM. Congreso europeo de traumatología y ortopedia del deporte. Abril 2003. Disponible en: <http://www.infosalud.com/noticia.asp?id=4028>
6. Walter SD. The etiology of sport injuries a review of methodologies. *Sports Med.* 1985;2:47-58.
7. Torg JS. *Athletic Injuries to the Head, Neck and Face.* Philadelphia: Lea & Febiger; 1982.
8. Buceta JM. *Psicología y lesiones deportivas: prevención y recuperación.* Madrid: Dickinson; 1996.
9. Koplan JP, Powell KE, Sikes RK, Shirley RW, Campbell GC. An epidemiological study of the benefits and risks of running. *JAMA.* 1982;248:3118-21.
10. Blair S, Kohl H, Goodyear N. Rates and risks for running and exercise injuries: studies in three populations. *Res Quest Ex Sp.* 1987;58:221-8.
11. Ijzerman JC, Galen WCC. *Blessures bij lange afstandlopers (Injuries in Long Distance Runners).* The Netherlands: Royal Dutch Athletic Association (KNAU); 1987.
12. Macera CA, Pate RR, Powell KE, Jackson KL, Kendrick JS, Craven TE. Predicting lower-extremity injuries among habitual runners. *Arch Intern Med.* 1989;149:2565-8.
13. Renström PAFH. *Prácticas clínicas sobre asistencia y prevención de lesiones deportivas.* Barcelona: Paidotribo; 1999.
14. Godshall R. The predictability of athletic injuries; an eight year study. *J Sports Med.* 1974;3:50-4.
15. Grana W, Moretz J. Ligamentous laxity in secondary school athletes. *JAMA.* 1978;240:1975-6.
16. Kalenak A, Morehouse C. Knee stability and knee ligament injuries. *JAMA.* 1975;234:1143-5.
17. Nicholas JA. Injuries to knee ligaments: relationship to looseness and tightness in football players. *JAMA.* 1970;21:2236-9.
18. Shellock F, Prentice W. Warming up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries. *Sports Med.* 1985;2:267-78.
19. Worrell T, Perrin D, Gransneder B, Gieck J. Comparison of isokinetic strength and flexibility measures between hamstring injured and noninjuries athletes. *J Orthop Sports Physiol Ther.* 1991;13:118-25.
20. Klein K. Developmental asymmetries and knee injury. *Phys Sports Med.* 1983;11:67-72.
21. Ross C, Shuster O. A preliminary report on predicting injuries in distance runners. *J Am Podiatr Assoc.* 1983;73:275-7.
22. Messier S, Pitala K. Etiologic factors associated with selected running injuries. *Med Sci Sports Exerc.* 1988;20:501-5.
23. Shambaugh J, Klein A, Herbert J. Structural measures as predictors of injury in basketball players. *Med Sci Sports Exerc.* 1991;23:522-7.
24. Kirby R, Sims F, Symington B, Garner J. Flexibility and musculo-skeletal symptomatology in female gymnasts and age-matched controls. *Am J Sports Med.* 1981;9:160-4.
25. Ekstrand J, Gilquist J. The frequency of muscle tightness and injuries in soccer players. *Am J Sports Med.* 1982;10:75-8.
26. Steele V, White J. Injure prediction in female gymnasts. *Br J Sports Med.* 1988;22:31-3.
27. Grubbs N, Nelson R, Bandy W. Predictive validity of an injury score among high school basketball players. *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29:1279-85.
28. Salazar S. *Aplicación del índice de Shambaugh en jugadores/as de baloncesto cadetes y júnior en relación con la exposición práctica [tesis doctoral].* Granada: Universidad de Granada; 2000.
29. Shambaugh J, Klein A. Citado en: Salazar S. *Aplicación del índice de Shambaugh en jugadores/as de baloncesto cadetes y júnior en relación con la exposición práctica [tesis doctoral].* Granada: Universidad de Granada; 2000.
30. Fernández A. *Predicción de lesiones en jóvenes atletas mediante ecuaciones de regresión logística [tesis doctoral].* Granada: Universidad de Granada; 2004.