

# Predicció de lesions esportives mitjançant models matemàtics

ANTONIO FERNÁNDEZ MARTÍNEZ<sup>a</sup>, JUAN CARLOS DE LA CRUZ MÁRQUEZ<sup>b</sup>, BELÉN CUETO MARTÍN<sup>b</sup>, SANTIAGO SALAZAR ALONSO<sup>c</sup> I JUAN CARLOS DE LA CRUZ CAMPOS<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Universidad Pablo de Olavide. Facultad del Deporte. Departamento de Educación Física. Sevilla. Espanya.

<sup>b</sup>Universidad de Granada. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Departamento de Educación Física. Granada. Espanya.

<sup>c</sup>Instituto Vicente Espinel. Junta de Andalucía. Consejería de Educación. Málaga. Espanya.

## RESUM

Les lesions esportives que afecten els membres inferiors en els esports de més impacte, com l'atletisme o el basquetbol, es poden predir mitjançant l'ús d'equacions de regressió logística. El primer índex predictor de lesions va ser descrit per Shambaugh el 1991, emprant com a variables dependents el desequilibri del pes en suport bipodal i la desviació de l'angle Q del quàdriceps. Salazar (2000) va desenvolupar una fórmula matemàtica predictora de lesions basada en la de Shambaugh mitjançant una equació de regressió logística i Fernández (2004) ha introduït el gruix de la cuixa com a variable transcendent en la predicció de lesions, en aportar una equació més precisa. Aquestes investigacions mostren que l'anàlisi de regressió logística pot ser un mètode vàlid en la discriminació de paràmetres antropomètrics relacionats amb les lesions esportives, tot aportant un mètode fiable i senzill que es podria utilitzar en la pràctica mèdica esportiva habitual.

**PARAULES CLAU:** Lesions. Índex 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 transcendent 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.

L'interès per l'exercici físic es va incrementant progressivament i el nombre de practicants augmenta en una progressió constant fins que avui dia fer exercici físic representa una alternativa de lleure i un benefici per a la salut. Però l'esport també representa actualment una activitat social i cultural de primer ordre, en la qual es veuen implicats milions de persones arreu del món. Però si bé l'exercici físic realitzat en condicions adequades té un efecte positiu sobre la salut, augmenta per si mateix el risc de lesió<sup>1-3</sup>.

En la taula I es pot observar la taxa de lesions per cada 1.000 esportistes joves a l'any en diversos esports.

El 39% dels espanyols practiquen algun esport, tot i que només el 6% el practica diàriament; la meitat d'aquest 6% patirà algun tipus de lesió lleu durant la seva vida<sup>5</sup>.

Els estudis sobre lesions esportives són un fenomen relativament recent. Majoritàriament, les primeres aproximacions es van basar en estudis de sèries de casos, tot presentant el problema a fi d'identificar amb seguretat la causa o les causes que

Correspondència: 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. Espanya. Correu electrònic: dlcruz@ugr.es

**Taula I** Taxa d'incidència de lesions per 1.000 esportistes joves/any en diversos esports<sup>4</sup>

| Esport                    | Incidència |
|---------------------------|------------|
| Bàsquet                   | 998        |
| Handbol                   | 814        |
| Voleibol                  | 548        |
| Hoquei sobre gespa        | 528        |
| Arts marcials             | 388        |
| Beisbol                   | 387        |
| Atletisme de camp i pista | 295        |
| Bàdminton                 | 204        |
| Tennis                    | 147        |
| Natació                   | 123        |
| Patinatge sobre gel       | 79         |

van produir la lesió<sup>6</sup>. L'aplicació dels principis d'epidemiologia van contribuir a fer llum en la determinació dels factors de risc<sup>7</sup>.

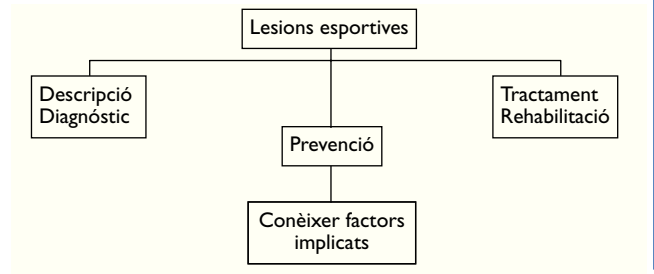
Diversos estudis han intentat identificar els factors relacionats amb l'increment del nombre de lesions en la pràctica esportiva. La identificació d'aquests factors podria capacitar entrenadors i esportistes per modificar els programes d'entrenament i així prevenir lesions futures.

Tradicionalment, les recerques de la medicina esportiva s'han centrat sobretot en el diagnòstic i en els aspectes terapèutics de les lesions esportives (fig. 1). Ara bé, la prevenció hauria de ser un dels nostres primers objectius. Una prevenció adequada, un diagnòstic ràpid i el tractament idoni podran possibilitar que la carrera esportiva d'un esportista no quedi estroncada i que aconsegueixi les fites personals i professionals que corresponguin al seu veritable potencial.

La comprensió dels mecanismes de les lesions i dels riscos pot fer possible una prevenció més idònia. Per aconseguir-ho, tal com assenyalava Buceta<sup>8</sup>, cal determinar les variables que poden incrementar la vulnerabilitat dels esportistes per lesionar-se.

Podem suggerir que són 3 els factors generals amb un paper predominant en el risc de patir una lesió: tècniques incorrectes en l'entrenament, equipaments inadequats o deteriorats i anormalitats biomecàniques i antropomètriques. Aquest últim grup de factors és el punt de partida de les nostres recerques, en què intentem descobrir el risc potencial de lesió que

**Figura 1** Línies d'investigació de les lesions esportives.



pot patir un esportista a partir de determinats paràmetres antropomètrics en els membres inferiors.

De totes maneres, ens afegim a la consideració acceptada per la majoria dels autors, sobre el caràcter multifactorial que pot tenir incidència en les lesions<sup>1,9-13</sup>.

#### L'ANÀLISI ANTROPOMÈTRICA COM A MECANISME DE PREDICCIÓ DE LESIONS

Els factors individuals que han estat investigats més freqüentment inclouen la laxitud articular<sup>14-17</sup>, la flexibilitat<sup>18,19</sup> i variables biomecàniques o estructurals<sup>16,20-23</sup>.

La comparació entre les dades obtingudes mostra resultats equívocs. Nicholas<sup>17</sup> va ser el primer que va intentar identificar alguns d'aquests factors. Va trobar una correlació positiva entre jugadors de futbol americà que presentaven valors de flexibilitat articular superiors i l'índex de lesions. Amb tot, nombrosos estudis posteriors no han estat capaços de confirmar aquesta investigació<sup>14-16,24,25</sup>.

Semblantment, Steele i White<sup>26</sup> van trobar que les variables antropomètriques i estructurals eren millors indicadors de possibles lesions en gimnastes. Així, una revisió dels estudis que relacionen l'estructura corporal o biomecànica amb la incidència de les lesions en l'esport ofereixen uns resultats més encoratjadors<sup>20-22</sup>. Factors com ara la diferència en la longitud dels membres inferiors i el peu var o valg han demostrat amb consistència que estan relacionats amb una incidència més alta en les lesions de les extremitats inferiors, sent corredors la mostra principalment utilitzada en la majoria d'aquests estudis<sup>20-22</sup>.

#### PREDICCIÓ DE LESIONS MITJANÇANT REGRESSIÓ LOGÍSTICA

Els models de regressió engloben una sèrie de tècniques matemàtiques que tracten de mesurar la relació entre una variable resultat i una o unes variable/s predictor/a/res.

Shambaugh<sup>23</sup> ha publicat una fórmula matemàtica que mostra resultats esperançadors en relacionar algunes mides estructurals amb la incidència de lesions en les extremitats inferiors en jugadors de basquetbol. Va desenvolupar una equació de regressió logística de tres variables que predeia la probabilitat de lesió en un 91% dels jugadors de basquetbol.

#### Índex de lesions de Shambaugh<sup>23</sup>

$$\text{Desequilibri de pes} \times 0,36 + \text{desviació de l'angle Q dret} \times 0,48 + \text{desviació de l'angle Q esquerre} \times 0,86 - 7,04$$

Les 3 variables utilitzades van ser l'angle Q del genoll dret, l'angle Q del genoll esquerre i la diferència de pes de suport d'ambdues cames. Es va observar que un resultat de lesió més gran que zero era un indicador de lesió en les extremitats inferiors, mentre que un resultat menor que zero era indicador de la probabilitat de no lesionar-se. Com més gran era la magnitud del resultat, també més gran era la probabilitat que un jugador recaigués en una categoria o una altra.

No obstant això, els resultats de Grubbs<sup>27</sup>, que estudià l'equació de regressió logística de Shambaugh<sup>23</sup>, van constatar que no era una eina vàlida en la predicció de la probabilitat de patir una lesió. Entre les possibles causes que proposa Grubbs<sup>27</sup> per explicar la inconsistència de la fórmula de Shambaugh destaquen les diverses poblacions d'estudi, el disseny i el mètode, no incloure subjectes femenins en l'estudi, no consensuar una definició de lesió i no tenir en compte el temps d'exposició pràctica.

Basant-se en ambdós estudis, Salazar<sup>28</sup> aplica l'índex de Shambaugh en jugadors de basquetbol en relació amb l'exposició pràctica, incloent-hi subjectes d'ambdós sexes i utilitzant la definició de lesió de Grubbs<sup>27</sup>. Els resultats que obté fan recomanable l'anàlisi de regressió logística com una eina positiva per analitzar mides antropomètriques i morfoconstitucionals entre una població i diferenciar agents de risc en un esport. No obté resultats tan satisfactoris com Shambaugh<sup>23</sup>, però els valors obtinguts són prou satisfactoris com per recomanar-ne l'ús.

Salazar<sup>28</sup> aporta una nova fórmula matemàtica predictora de lesions en jugadors/res adolescents de basquetbol, elaborada a partir de l'original de Shambaugh<sup>23</sup> i construïda mitjançant una anàlisi de regressió logística. Tanmateix, la bondat del seu poder predictor lesional no està prou provada.

#### Índex de lesions de Salazar<sup>28</sup>

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

Paral·lelament, Shambaugh<sup>29</sup> va presentar en un congrés l'any 2000 una modificació de la seva fórmula original (Salazar<sup>28</sup>), incloent quatre variables en comptes de les tres utilitzades per a la seva equació de regressió logística. La nova variable era el quadrat de la diferència entre el gruix de les cuixes. Tampoc no ha estat prou utilitzada en investigacions científiques.

#### Índex de lesions de Shambaugh<sup>29</sup>

$$\text{Desequilibri de pes} \times 0,27 + 1,46 \times \text{quadrat de la diferència entre el gruix de les cuixes} + 0,22 \times \text{diferència de l'angle Q entre ambdós genolls} + 0,94 \times \text{anormal angle Q dret} - 6,46$$

Basant-nos en aquestes investigacions, el nostre grup d'investigació ha analitzat les diverses variables predictorres en una població esportiva diferent, tot considerant atletes de curses i salts d'ambdós sexes i amb edats compreses entre els 14 i els 18 anys<sup>30</sup>. El nostre objectiu era trobar una eina vàlida per predir el risc de lesió en la població esmentada, i varem obtenir l'algorisme matemàtic següent:

#### Índex de lesions de Fernández<sup>30</sup>

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

on AQI és l'angle Q esquerre, i DGM2, el quadrat de la diferència entre el gruix de les cuixes.

El percentatge global de bona classificació del model obtingut va ser del 68,6%. El punt de tall (0,5) indica que els subjectes amb valors iguals o superiors a 0,5 quedarien enquadrats en la categoria de possibles lesionats, mentre que un valor inferior els enquadraria en la categoria de possibles il·lesos.

Aquestes investigacions mostren que l'anàlisi per regressió logística pot ser un mètode vàlid en la discriminació de paràmetres antropomètrics relacionats amb les lesions esportives. No obstant això, cal continuar investigant per consolidar que l'anàlisi de l'estructura corporal de l'esportista pot ser un bon instrument en el pronòstic de lesions en el futur, tot millorant-ne els èxits esportius juntament amb la seva salut.

\* La mitjana de Shambaugh fa referència a la fórmula matemàtica poblacional de Shambaugh.

## 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 a: <http://www.infosalud.com/noticia.asp?id=4028>
6. Walter SD. The etiology of sport injures 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 [tesi doctoral].* Granada: Universidad de Granada; 2000.
29. Shambaugh J, Klein A. *Citat en: Salazar S. Aplicación del índice de Shambaugh en jugadores/as de baloncesto cadetes y júnior en relación con la exposición práctica [tesi doctoral].* Granada: Universidad de Granada; 2000.
30. Fernández A. *Predicción de lesiones en jóvenes atletas mediante ecuaciones de regresión logística [tesi doctoral].* Granada: Universidad de Granada; 2004.