

Factores de riesgo de lesión en atletas

Injury risk factors for runners

Francisco Rodal Abal*, José Luis García Soidán*, Víctor Arufe Giráldez**

*Universidade de Vigo, **Universidade da Coruña,

Resumen: El propósito de este estudio fue determinar aquellos factores de riesgo que pueden causar lesiones en corredores, tanto en el vientre muscular, como tendinosas. Veintiséis atletas de ambos sexos de la comunidad autónoma de Galicia realizaron diferentes test de flexibilidad y longitud del miembro inferior, del ángulo Q de la rodilla y de la fuerza explosiva. Además se analizó la información de los factores asociados al entrenamiento, como los kilómetros y las sesiones semanales, nivel competitivo del atleta, tipo de zapatillas que usa predominantemente en los entrenamientos, superficie en la que suele entrenar, lesiones durante el último año, si usaban plantillas, especialidad atlética que practicaban, edad, peso y talla. Durante las siguientes 12 semanas, los corredores siguieron entrenando como venían haciendo habitualmente y se registraron todas las lesiones que sucedieron en ese periodo. Después de esto, utilizando regresión lineal, obtuvimos diferentes modelos que explicaban la variabilidad de lesiones en general, y particularmente las del vientre muscular y de los tendones. Encontramos que variables como el volumen de entrenamiento y las lesiones previas se correlacionan positivamente con la variable dependiente «lesiones en 12 semanas», y que además el material sintético de las pistas de atletismo, el aumento del ángulo Q y la edad, provocan lesiones del vientre muscular y del tendón respectivamente.

Palabra clave: Lesiones del corredor, tendinopatías, lesiones por sobrecarga, esguinces, daño muscular.

Abstract: The purpose of this study was to determine those risk factors that may cause running injuries in general, and particularly damage to the muscle mass, and the tendon. Twenty six male and female Galician runners were evaluated about their lower limb flexibility and length, knee Q angle, explosive power and training features such as kilometers and sessions per week, level of competition, shoes, surface, injuries last year, use of insoles, athletic specially, age, weight and height. During next 12 weeks runners continued training as they had been doing regularly and we recorded all injuries that appeared in this period. After that and from the liner regression we obtained different models that explained the variability of general injuries, tendon injuries and damages to the muscle mass. We also find positive correlations between previous injuries and training volume, and these with the dependent variable «injuries in 12 weeks». In regard to tendinopathy and muscle mass injuries, we observed that the synthetic material present in the track is a risk factor for these muscle injuries. Meanwhile, the increasing age and the Q angle, increments the occurrence of tendon injuries.

Key words: Running injuries, tendinopathies, overuse injuries, strains, muscle damage.

1. Introducción

Debido a la creciente participación de la población actual, en actividades de running recreativo para la salud, e incluso en carreras populares, podemos encontrar hoy con varios estudios, acerca de las lesiones en este tipo de corredores.

Diferentes estudios sitúan la tasa de lesionados, alrededor del 20%-79% de la población, en función de la definición que cada uno utiliza para este término (Ryan, MacLean & Taunton, 2006; Van Gent, et al., 2007; Wen, 2007; Brushhøj, et al., 2008; Bonacci, Chapman, Blanch & Vicenzino, 2009; Wilk, Nau & Valero, 2009). Este último dato crece cuando nos centramos en atletas que buscan alcanzar un alto rendimiento en competición, y que por lo tanto, sus fines ya no son solo recreativos. Esto se debe principalmente, a las altas cargas con las que trabaja en cada entrenamiento.

Los efectos que puede provocar una lesión en un atleta, son diversos y de diferente grado. Pueden ir desde la simple molestia a la hora de realizar una tarea, hasta el hecho de tener que abandonar la práctica deportiva, en ocasiones, incluso por la frustración que pueden producir algunas lesiones en concreto, o varias lesiones en un corto periodo de tiempo.

Las consecuencias también se manifiestan a nivel económico, con un gasto, en ocasiones prescindible, en masajistas y fisioterapeutas y con un coste en otras ocasiones para la salud pública. Por ello, se hace necesario investigar entorno a las diferentes lesiones deportivas, y aportar resultados que ayuden a disminuir el número de lesionados.

Por todas estas razones, creemos que es imprescindible dotar al corredor, tanto al de rendimiento como al recreacional, de una serie de recomendaciones que permitan reducir el impacto negativo, que puede

tener la carrera en las diferentes estructuras que se ven afectadas durante la misma. En consecuencia, el propósito de este estudio fue el de determinar qué factores predisponen en mayor medida a padecer una lesión.

Consideramos importante la realización de este estudio y de estudios similares, en el ámbito del deporte y del atletismo, ya que la experiencia nos dice que muchas veces el trabajo que realizamos, preparando y poniendo en práctica diferentes entrenamientos, queda deslucido finalmente, por culpa de elementos que no controlamos (factores intrínsecos que predisponen a lesionarse), o que no pusimos interés en controlar (factores extrínsecos que predisponen a lesionarse).

2. Método

2.1. Participantes

Los participantes en la investigación fueron corredores. Entendemos como corredores, a todos aquellos atletas que realizan pruebas que van desde la velocidad hasta el fondo/cross, y que durante su desplazamiento, existe una fase en la que los dos pies pierden contacto con el suelo (fase aérea). Para llevar a cabo esta investigación, hemos seleccionado una pequeña muestra de atletas, que entrenan en la comunidad autónoma gallega. El tamaño de la muestra fue de 26 atletas, 14 hombres y 12 mujeres.

Todos los corredores estaban federados y entrenaban en la provincia de Pontevedra. Tenían licencia por la Federación Gallega de Atletismo y por la Federación Canaria, en el caso de dos sujetos. Concretamente son corredores de fondo, medio fondo y velocidad con edades comprendidas entre los 14 y los 35 años, con un promedio de 20.42 ± 5.79 años.

En cuanto a las especialidades de los atletas, ocho realizaban carreras de velocidad (100-400m.l. al aire libre), dos carreras de vallas (100m.v. en ambos casos), tres compiten en medio fondo principalmente (800-1500m.) y trece en fondo (más de 1500m.)

En relación al nivel, la muestra principalmente se compone de atletas de ámbito autonómico, siendo minoritario el internacional.

2.2. Instrumentos

Se utilizaron para esta investigación, los siguientes instrumentos: Goniómetro (International Standard SFTR Pocket Goniometer BASELINE), con el cual medimos los diferentes ángulos propuestos (ángulo Q, la flexibilidad del cuádriceps, de los isquiosurales y gemelos) y una cinta métrica homologada, para medir las diferentes disimetrías que pudiesen tener los atletas.

Además utilizamos un cuestionario de elaboración propia, con el fin de conocer diferentes características del atleta y de su entrenamiento. El cuestionario constó de 37 preguntas, organizadas en 12 grupos, que se correspondieron con: conocimiento del deporte, hidratación, desarrollo de las capacidades físicas, calentamiento, exceso de entrenamiento, estilo de vida, factores biomecánicos y valoración funcional, técnica deportiva, calzado y vestimenta, medios de recuperación, superficie de entrenamiento, pasado deportivo, y morfología y antropometría.

2.3. Procedimiento

Previo análisis de la diferente bibliografía existente relacionada con el tema de esta investigación, procedimos a ponernos en contacto con los atletas, para conseguir el pertinente consentimiento informado.

Posteriormente, analizamos la longitud de miembros inferiores, ángulo Q, flexibilidad proximal y distal de músculos isquiosurales, recto anterior, cuádriceps y gemelos, en ambas piernas. Estas medidas se realizaron en la camilla de la sala de primeros auxilios, de la instalación, siempre a una temperatura entre 20 y 25°. Las mediciones fueron realizadas siempre, por el mismo investigador. La longitud de miembros inferiores, se obtuvo, midiendo la distancia que hay entre la espina iliaca anterosuperior y los maléolos mediales, con el sujeto en posición supina (Witvrouw, Lysens, Bellemans, Cambier & Vanderstraeten, 2000).

Para determinar el ángulo Q, se midió con el goniómetro, el ángulo que hay entre la línea que une la espina iliaca y el centro de la rótula, con la línea que une el centro de la rótula y la tuberosidad tibial, con el sujeto en posición supina, y el cuádriceps relajado (Horton & Hall, 1989). La flexibilidad proximal y distal de los isquiotibiales, se obtuvo, a través de la medida con goniómetro de la flexión de la cadera, y de la extensión de la rodilla, respectivamente (Batista, Camargo, Aiello, Oishi & Salvini, 2006)

La prueba de Ely, nos sirvió para obtener una medida de la flexibilidad del recto anterior (Jonkers, et al., 2006). Para medir el ángulo de flexión de gemelos, con el fulcro, sobre el maléolo del peroné. El brazo proximal apunta hacia el epicóndilo externo, y el distal hacia el 5º metatarsiano (Fong, Blackburn, Norcross, McGrath & Padua, 2011).

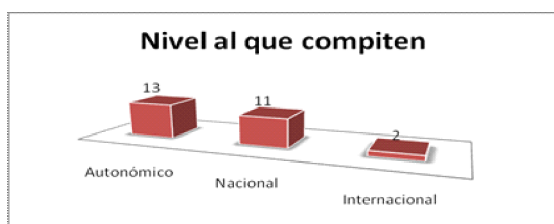


Fig. 1 Nivel al que competía la muestra.

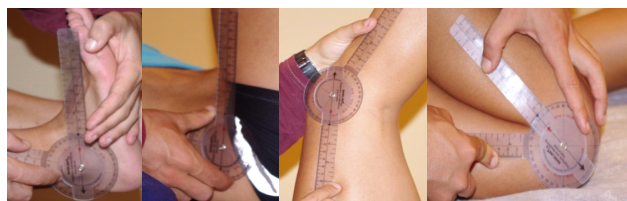


Fig. 2 Diferentes medidas que se realizaron.

2.4. Análisis estadístico

La técnica estadística que empleamos para el análisis de los datos, fue la regresión lineal. A partir de la misma, pretendimos establecer modelos y correlaciones con las variables, para poder explicar la variabilidad de lesiones que se dan en el atletismo, tanto a nivel general, como más concretamente la variabilidad de lesiones musculares y tendinosas. Los niveles de significatividad se establecieron en el 95% ($p < .05$).

3. Resultados

3.1 Lesiones en 12 semanas

Un 76.92% de la muestra, sufrió algún tipo de lesión. Las lesiones más comunes fueron las lesiones musculares, que han supuesto el 61.11% del total de las lesiones. Por su parte, las lesiones tendinosas supusieron el 16.67% del total, mientras que el resto de lesiones, constituyó el 22.22% restante.

Concretamente las lesiones tendinosas y del vientre muscular, sufridas por todo el grupo, fueron: 15 sobrecargas musculares (cuádriceps, isquiosurales y gemelos de ambas piernas), 5 contracturas, 2 roturas parciales de fibras, 4 tendinopatías en la rodilla derecha, 1 en el poplíteo y otra en la rodilla izquierda.

En cuanto al resto de lesiones producidas, hubo: 2 esguinces en el tobillo derecho, 1 esguince en el tobillo izquierdo, 2 capsulitis en el pie derecho, 1 fisura de falange en el tercer dedo del pie derecho, 1 periostitis en la pierna izquierda y 1 fascitis plantar en la pierna derecha.



Figura 3. Lesiones en 12 semanas.

Tabla 1. Modelos que explican la variabilidad de las lesiones en 12 semanas

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	.824 ^a	.679	.665	.715
2	.857 ^b	.734	.711	.664

a. Variables predictoras: (Constante), Lesiones anteriores
b. Variables predictoras: (Constante), Lesion es anteriores, Kilómetros de entrenamiento por semana

Debido a la cantidad de variables, que podrían estar interrelacionadas (especialidad/km. semanales; km. semanales/media de km. diarios; km. semanales/nº de sesiones; etc.), y a que se hizo necesario reevaluar el modelo, al introducir una nueva variable, realizamos una estrategia de regresión, por pasos sucesivos.

A partir de los datos obtenidos, debemos destacar la correlación que presentaron las lesiones anteriores, con las lesiones ocurridas durante las 12 semanas del estudio (82.4% correlacionado con una significatividad de $p < .01$). También correlacionó positivamente la edad en un 72.5%, el hecho de ser fondista en un 44.5%, y utilizar zapatillas ligeras un 42.9%; todos estos datos fueron significativos, así como los kilómetros semanales (65.6% en donde $p < .01$) y las sesiones semanales realizadas (56.6% en donde $p < .05$).

Después de este procedimiento se obtienen dos modelos para explicar las lesiones, uno formado por las lesiones previas (explica un 66.5% de la variabilidad de las lesiones) y otro que además incorpora los

Tabla 2. Coeficientes de los modelos que explican la variabilidad de lesiones en 12 semanas

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig. ^a
	B	Error típ.			
1 (Constante)	-.121	.254		-.476	.638
Lesiones anteriores	.450	.063	.824	7.117	.000
2 (Constante)	-.453	.280		-1.616	.120
Lesiones anteriores	.363	.071	.665	5.122	.000
Kilómetros de entrenamiento por semana	.013	.006	.284	2.189	.039

a. Variable dependiente: Lesiones sufridas en 12 semanas. $p < 0,05$

Tabla 3. Modelos que explican la variabilidad de lesiones musculares.

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	.675 ^a	.456	.433	.816
2	.757 ^b	.573	.535	.739
3	.818 ^c	.669	.624	.665

a. Variables predictoras: (Constante), Lesiones anteriores
b. Variables predictoras: (Constante), Lesiones anteriores, Kilómetros de entrenamiento por semana
c. Variables predictoras: (Constante), Lesiones anteriores, Kilómetros de entrenamiento por semana, Entrenamiento en tatán

kilómetros semanales (explica un 71.1% de la variabilidad de las lesiones), ambos modelos son significativos y no existe colinealidad.

Atendiendo a los coeficientes del segundo modelo (el que más explica de los dos), cada lesión previa (en el último año) aumenta en un 36.3% la probabilidad de padecer una nueva lesión, mientras que el aumento de 1 km semanal aumenta la probabilidad de padecer una lesión en un 1.3%.

3.2. Lesiones musculares

Se observó una fuerte correlación entre esta variable y los kilómetros semanales (66.1%), con las lesiones anteriores (67.5%), con las sesiones semanales (57.8%) y con la edad (53.5%), todas significativas y en sentido positivo.

También fueron significativas, aunque no tan elevadas, las correlaciones encontradas entre las lesiones musculares y el uso de zapatillas ligeras (42.3%), y ser fondista (36.2%), ambas en sentido positivo.

En cuanto a los modelos, nos encontramos con tres posibilidades. El modelo que más explica la variabilidad, es el que engloba a las lesiones previas, a los kilómetros semanales y al entrenamiento predominante en tartán. Este modelo explica el 62.4% de la variabilidad, de las lesiones musculares.

Analizando ahora los coeficientes de los diferentes modelos, teniendo en cuenta el tercer modelo, que es el que mayor variabilidad explica obtenemos que las lesiones previas en general aumentan un 18.5% la probabilidad de padecer una lesión muscular. Cada kilómetro que se aumenta semanalmente aumenta un 2.9% la probabilidad de lesión muscular y que el tartán aumenta en un 87.3% la probabilidad de lesión muscular sobre la superficie de referencia (asfalto).

Tabla 5. Modelos que explican la variabilidad de lesiones tendinosas

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	.767 ^a	.588	.571	.322
2	.817 ^b	.667	.638	.296
3	.868 ^c	.753	.720	.260

a. Variables predictoras: (Constante), Ángulo Q izquierdo

b. Variables predictoras: (Constante), Ángulo Q izquierdo, Edad

c. Variables predictoras: (Constante), Ángulo Q izquierdo, Edad, Flexibilidad del recto anterior izquierdo

Tabla 6. Coeficientes de los modelos que explican la variabilidad de lesiones tendinosas

Modelo		Coeficientes ^a		T	Sig.	
		No estandarizados				Coeficientes tipificados
		B	Error típ.			
1	(Constante)	-2.083	.394		-5.291 .000	
	Ángulo Q izquierdo	.187	.032	.767	5.856 .000	
	(Constante)	-2.268	.370		-6.127 .000	
2	Ángulo Q izquierdo	.159	.032	.654	5.049 .000	
	Edad	.026	.011	.302	2.333 .029	
	(Constante)	-8.860	2.401		-3.690 .001	
3	Ángulo Q izquierdo	.174	.028	.715	6.153 .000	
	Edad	.028	.010	.329	2.876 .009	
	Flexibilidad del recto anterior izquierdo	.042	.015	.303	2.772 .011	

a. Variable dependiente: Lesiones tendinosas en 12 semanas p<0.05

3.3. Lesiones tendinosas

En lo que se refiere a las lesiones tendinosas, hemos observado correlaciones significativas entre dichas lesiones y el ángulo Q derecho, y el ángulo Q izquierdo (76.6% y 76.7% respectivamente). Otras variables que han mostrado correlaciones positivas significativas fueron, la edad (54.6%) y el peso (54.7%). En el otro sentido, se han encontrado correlaciones negativas, entre las lesiones tendinosas y la flexibilidad del recto anterior derecho (50.4%).

En el caso de las lesiones tendinosas, obtuvimos 3 modelos, de ellos, el que más variabilidad explica, es el que engloba al ángulo Q izquierdo, la edad y la flexibilidad del recto anterior izquierdo, con un 72%. Estos modelos fueron significativos, y no existió colinealidad entre variables.

Atendiendo a los coeficientes el aumento en un grado del ángulo Q izquierdo supone un aumento del 17.4% en la probabilidad de padecer una lesión tendinosa. El aumento de la edad de un atleta en un año conlleva un 2.8% más de posibilidades de padecer una lesión tendinosa. El último dato que se extrae de estos coeficientes es que por un aumento de un grado en la flexibilidad del recto anterior izquierdo hay un 4.2% más de posibilidades de tener una lesión tendinosa.

Relacionado con estos datos hemos encontrado diferencias significativas entre la flexibilidad del recto anterior izquierdo y la flexibilidad del recto anterior derecho y en la flexibilidad distal y proximal de los músculos isquiosurales en este grupo de atletas, donde no existen estas diferencias es entre ángulos Q y entre las flexibilidades del gemelo derecho e izquierdo.

Tabla 7. Prueba de Wilcoxon para evaluar diferencias contralaterales.

	Z	Sig. asintót. (bilateral)
Longitud pierna izq- Longitud pierna dcha	-1.314 ^a	.189
Ángulo Q izquierdo -Ángulo Q derecho	-.714 ^a	.475
Flexibilidad prox. del isquiotibial izq-Flexibilidad prox. del isquiotibial dcho	-3.678 ^b	.000
Flexibilidad distal del isquiotibial izq-Flexibilidad distal del isquiotibial dcho	-3.590 ^b	.000
Flexibilidad del recto anterior izq-Flexibilidad del recto anterior dcho	-3.390 ^b	.001
Flexibilidad del gemelo izq- Flexibilidad del gemelo dcho	-1.163 ^b	.245

4. Discusión

Las consecuencias de entrenar, ponen en juego todos los factores que se han sugerido desde la literatura como desencadenantes de lesiones, tal es el caso de los problemas de linealidad del miembro inferior (Hintermann & Nigg, 1998; Taunton, et al., 2002), la falta de fuerza (Witvrouw, Lysens, Bellemans, Cambier & Vanderstraeten, 2000; Ryan, et al., 2006) y de flexibilidad (Makaruk & Makaruk, 2009). Si bien es cierto que solo las lesiones previas y el volumen son sugeridas como causa de lesión, también lo es que el volumen engloba prácticamente a todos los riesgos sugeridos. Por ejemplo, si unas zapatillas son un riesgo potencial, mayor será el riesgo cuanto mayor sea el número de apoyos que realice en el suelo al igual que puede suceder con la pronación, el ángulo Q, etc.

Después de elaborar un modelo, que ayude a entender la variabilidad de lesiones, nos encontramos que por cada kilómetro de entrenamiento, aumentamos la probabilidad de padecer una lesión en un 1.3%, por lo que a la vista de los resultados, una carga de 77 km semanales o superior garantiza padecer algún tipo de lesión. De todos modos, volúmenes de 77 km semanales o superiores, son prácticamente exclusivos de atletas maratonianos, o de un atleta sénior de rendimiento, que pueden llegar a realizar más de una sesión diaria de entrenamiento.

Algunas de las teorías del entrenamiento formuladas por Verkhoskansky en 1990, hacen referencia a la importancia del ratio entrenamiento/descanso, para evitar problemas de sobreentrenamiento, que en ocasiones terminan con lesiones. Los volúmenes de entrenamiento elevados, dentro de una sesión, requieren mayor tiempo de descanso, más aun si la intensidad también lo ha sido. En ocasiones, la falta de días de descanso por una elevada frecuencia de días de entrenamiento, también pueden ser los causantes de estas lesiones por elevados volúmenes, así como un aumento brusco del volumen, aunque hay que recalcar que los diferentes estudios que se han realizado, con la aplicación de un programa preventivo, basado en un aumento gradual del volumen, no han resultado efectivos.

Las lesiones previas según nuestro estudio y en concordancia con lo que sugiere la literatura (Ryan, et al., 2006; Van Gent, et al., 2007; Wilk, et al., 2009), son el principal detonante de nuevas lesiones. Principalmente, esta situación se debe a que el atleta se reincorpora precipitadamente a sus entrenamientos habituales, a que el trabajo que realizó para recuperarse no ha sido suficiente, a que ese trabajo ha sido inadecuado, o que no ha tenido continuación al recibir el alta.

Es recomendable que incluso después de la reincorporación el atleta fortalezca la región lesionada, por lo general los atletas y muchos de los entrenadores entienden que recibir el alta médica ya se corresponde con un estado de normalidad de la zona afectada. La realidad es que los nuevos tejidos cicatrizados, no tienen la misma funcionalidad que los antiguos y que, por lo tanto, hay que dotarlos de la condición física necesaria, conforme a las exigencias del entrenamiento y de la vida diaria del deportista, para prevenir futuras recaídas, o que otra región se vea afectada por realizar un trabajo extra compensatorio.

Los profesionales de las ciencias de la actividad física y el deporte deben intervenir activamente en la recuperación de lesiones deportivas en el atletismo, conociendo las principales causas por las que se da la

lesión. Los trabajos a realizar para recuperar al atleta y una vez el atleta este recuperado, las intervenciones que hay que llevar a cabo para prevenir futuras recaídas. Que la mayor causa de lesiones en el deporte sean las lesiones previas (Ryan, et al., 2006; Van Gent, et al., 2007; Wilk, et al., 2009), deja entrever que estos tres pasos no se están cumpliendo, o que no se están realizando correctamente y que por lo tanto queda un amplio camino que recorrer para disminuir drásticamente el número de lesiones en el atletismo. Un camino, o mejor dicho un ciclo, que comienza con la investigación acerca de las principales lesiones y riesgos que nos afectan para la posterior aplicación de técnicas y/o ejercicios preventivos, evaluando el resultado de los mismos para finalmente volver a comenzar el proceso.

Cuando menos, creemos que la disminución del número de lesiones debidas a la presencia de una lesión anterior, puede comenzar cuando la persona responsable del entrenamiento del atleta, o de su rehabilitación, conozca las características de la lesión y el tratamiento más adecuado para la misma.

Desde luego un modelo que explica el 71.1% de la variabilidad de las lesiones es un modelo bastante clarificador de la posible etiología de las mismas, y a la vista de los resultados, por cada tres lesiones que ha habido en el último año se produce una nueva lesión. Si bien es verdad, que posiblemente el número de lesiones previas que tenemos registrado sea inferior a la realidad, ya casi con toda la seguridad los atletas no recuerden el número exacto de lesiones del año anterior, cuando algunas de ellas les permitirían entrenar, aunque fuera con molestias. Por ello, posiblemente los atletas se han acordado más de las lesiones de grandes periodos de inactividad que de aquellas que solo les haya producido un pequeño parón o unas molestias en el entrenamiento.

Otras correlaciones que se han encontrado con la variable lesiones en 12 semanas fueron con la edad, de modo que el aumento de la edad puede provocar que el número de lesiones también se incremente, esta variable queda fuera del modelo que nos aporta la regresión probablemente debido a que la media de edad es joven (20.23 ± 5.79), y a que la cantidad de atletas veteranos es mínima. Probablemente realizando este estudio con una muestra en la que el rango de edades sea mayor los datos referidos a la edad en el supuesto de que sigan correlacionando se podrían incluir dentro del modelo.

Las lesiones más comunes durante el periodo que ha durado la investigación, fueron principalmente lesiones musculares. Dentro de este grupo se encuentran lesiones como las sobrecargas, las contracturas o roturas de fibras. A partir de la regresión lineal hemos obtenido tres modelos que tratan de encontrar los factores que mejor explican la variabilidad de lesiones. El modelo que mejor lo hace explica un 62.4% de dicha variabilidad y lo componen las lesiones anteriores, los kilómetros semanales y el entrenamiento en tartán.

Principalmente, las lesiones musculares se han dado en los atletas de las especialidades de fondo, de hecho correlacionan positivamente y significativamente en un 44.5%, aunque esta variable no ha sido introducida en los modelos, probablemente porque el número de corredores de fondo presentes en la muestra no es suficiente, para generalizar en un modelo. Estas lesiones se suelen producir cuando las cargas a las que se somete el atleta, superan la tolerancia del músculo, de modo que las cargas son excesivas en comparación a lo que está acostumbrado, o que el músculo se encuentra fatigado y no soporta las cargas habituales.

El músculo esquelético del aparato locomotor, responsable principal del movimiento durante la carrera se contrae y relaja de forma voluntaria. Las sollicitaciones biomecánicas a las que se somete principalmente son la contracción y la extensión. Por ello consideramos que tener unos buenos niveles de flexibilidad puede ayudar a prevenir este tipo de lesiones. Cierto es que la literatura no se pone de acuerdo en este sentido (Witvrouw, Mahieu, Danneels & McNair, 2004; Shrier, 2007), pero también lo es, que son pocos los trabajos que tratan de determinar cuáles son unos índices bajos o altos dentro de la flexibilidad de cada músculo, de cada deporte y/o modalidad.

Los músculos son los principales motores del movimiento durante la carrera, pero también suelen ser los más afectados. Durante la carrera,

dependiendo la fase de la misma actúan una serie de músculos. En la fase de amortiguamiento principalmente participan los músculos de la zona anterior del miembro inferior (tibial anterior, recto anterior, vasto interno, vasto externo, crural) y el glúteo, durante el apoyo los músculos más activos son el tibial posterior y los peroneos y finalmente en el impulso la musculatura de la región posterior es la más activa (gemelos, soleo, semitendinoso, semimembranoso y bíceps femoral). Para que unos músculos se puedan contraer otros se tienen que relajar, relación que se ve favorecida por una buena coordinación intermuscular y perjudicada por factores como la fatiga, es una relación entre los músculos agonistas y antagonistas (Croisier, 2004).

Bonacci et al. (2009), trataron de relacionar una mala coordinación intermuscular como causante de algunas lesiones. Un continuo estado de contracción muscular puede ser el causante de las contracturas musculares, una de las lesiones más comunes en la investigación, por ello es necesario que el músculo se relaje y que al finalizar el entrenamiento se rebaje el tono muscular con ejercicios de estiramiento.

El volumen de entrenamiento, que correlaciona en sentido positivo con estas lesiones, es uno de los principales componentes del entrenamiento, de este modo una subida repentina del número de kilómetros, o un volumen elevado de los mismos continuamente y con poco descanso (elevada densidad), puede suponer que se supere la tolerancia o que aumente la fatiga muscular, incrementándose por lo tanto las posibilidades de padecer una lesión muscular. También se considera que las lesiones antiguas, y concretamente el nuevo tejido cicatricial, puede reducir la tolerancia del músculo a las cargas de entrenamiento, por ello es preciso, una vez recuperados de la lesión, fortalecer esa musculatura y dotarla de las capacidades funcionales del resto de los músculos.

La edad, aunque no se incluye en el modelo, también puede ser un factor a tener en cuenta a la hora de valorar la etiología de este tipo de lesiones, ya que el músculo va perdiendo parte de sus características morfológicas con el paso de los años, así como sus características funcionales, como es el caso de la reducción en los niveles de flexibilidad. También es verdad que con la edad el atleta suele estar más adaptado a los esfuerzos del entrenamiento, por lo que los años que lleva practicando atletismo un sujeto, pueden actuar como factor preventivo.

Las lesiones tendinosas principalmente se han relacionado en la literatura (Paavola, et al., 2002; Maffulli & Sharma, 2006), con problemas de falta de linealidad (sobrepromoción, diferencia de longitud de miembros, etc.) y con bajos niveles de flexibilidad. Nosotros además de alguno de estos factores hemos encontrado que la edad también se correlaciona positivamente con las lesiones tendinosas, hasta el punto de incluirlas en el modelo, de modo que el aumento de un año por parte del atleta aumenta un 2.8% la posibilidad de lesión tendinosa, las razones probablemente guarden relación con las expuestas anteriormente para las lesiones musculares, no debemos olvidarnos que a pesar de tratarlas por separado, el tendón forma parte de las inserciones del músculo con el hueso. Una de las razones expuestas, era que el músculo perdía parte de su elasticidad, de modo que a medida que aumenta la edad del atleta y se pierde esta capacidad, los impactos y la sollicitación que recibe el tendón para que se produzca el movimiento, es mayor, aumentando el riesgo de lesión para el atleta.

Otros factores en los que encontramos relación con la incidencia de lesiones tendinosas son el ángulo Q izquierdo y la flexibilidad del recto anterior izquierdo. En el caso de la flexibilidad del recto anterior izquierdo, esto se debe a dos razones; a la mayor dominancia del miembro inferior izquierdo por parte de la muestra y a la obligación de utilizar las pistas de atletismo en sentido contra-horario, de modo que durante la carrera, la pierna izquierda soporta una mayor carga que la derecha.

De cara a valorar la incidencia del aumento de la flexibilidad del recto anterior en el aumento de lesiones tendinosas, creemos que este dato es poco relevante y poco creíble ya que la literatura siempre ha sugerido lo contrario (Paavola, et al., 2002; Mahieu, Witvrouw, Stevens, Van Tiggelen & Roget, 2006). Como consecuencia de esto último, deberíamos tener más presente, el segundo modelo que nos aportaba la regresión lineal,

por el cual, el aumento de un grado del ángulo Q izquierdo suponía un aumento de un 15.9% en la probabilidad de tener una lesión tendinosa, y el aumento de un año en la edad, elevaba la probabilidad de padecer tendinopatías un 2.6%.

5. Conclusiones

Teniendo en cuenta los resultados de este estudio, recomendamos:

- 1° Recuperar o minimizar la pérdida de movilidad.
- 2° Fortalecer la musculatura trabajando los tres tipos de contracción que va a tener que soportar (excéntrica, isométrica y concéntrica), aumentando el volumen poco a poco y luego la intensidad.
- 3° Recuperar la resistencia, la coordinación y la agilidad.
- 4° Aumentar la propiocepción.
- 5° Realizar una planificación exhaustiva del entrenamiento, con periodos de descanso para recuperar la musculatura.
- 6° No exceder el número de sesiones semanales que debe entrenar el atleta.
- 7° No estirar la vida útil de las zapatillas, para evitar lesiones en los pies.

6. Referencias

- Batista, L. H., Camargo, P. R., Aiello, G. V., Oishi, J., & Salvini, T. F. (2006). Avaliação da amplitude articular do joelho: correlação entre as medidas realizadas com o goniômetro universal e no dinamômetro isocinético. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 10, 193-8.
- Bonacci, J., Chapman, A., Blanch, P., & Vicenzino, B. (2009). Neuromuscular Adaptations to Training, Injury and Passive Interventions Implications for Running Economy. *Sports Medicine*, 39(11), 903-921.
- Brushøj, C., Larsen, K., Albrecht-Beste, E., Bachmann Nielsen, M., Løye, F., & Hölmich, P. (2008). Prevention of Overuse Injuries by a Concurrent Exercise Program in Subjects Exposed to an Increase in Training Load. *The American Journal of Sports Medicine*, 36(04), 663-670.
- Croisier, J. (2004). Muscular imbalance and acute lower extremity muscle injuries in sport. *International SportMed Journal*, 05(3), 169-176.
- Fong, C. M., Blackburn, J. T., Norcross, M. F., McGrath, M., & Padua, D. A. (2011). Ankle-Dorsiflexion Range of Motion and Landing Biomechanics. *Journal of Athletic Training*, 46, 5-10.
- Hintermann, B., & Nigg, B. M. (1998). Pronation in runners. Implications for injuries. *Sports Medicine*, 26(3), 169-176.
- Horton, M. G., & Hall, T. L. (1989) Quadriceps femoris muscle angle: normal values and relationships with gender and selected skeletal measures. *Physical Therapy*, 69(11), 897-901.
- Jonkers, I., Stewart, C., Desloovere, K., Molenaers, G., & Spaepen, A. (2006). Musculo-tendon length and lengthening velocity of rectus femoris in stiff knee gait. *Gait & Posture*, 23, 222
- Maffulli, N., & Sharma, P. (2006). Understanding Achilles Tendinopathy. *SportEX Medicine*, 01(27), 10-13.
- Mahieu, N. N., Witvrouw, E., Stevens, V., Van Tiggelen, D., & Roget, P. (2006). Intrinsic Risk Factors for the Development of Achilles Tendon Overuse Injury A Prospective Study. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(2), 226-235.
- Makaruk, B., & Makaruk, H. (2009). Changes to Flexibility of the Hamstring in Sprinters in the Context of Prevention. *Polish Journal of Sport & Tourism*, 16(3), 152-154.
- Paavola, M., Kannus, P., Järvinen, T., Khan, K., Józsa, L., & Järvinen, M. (2002). Achilles Tendinopathy. *Journal of Bone & Joint Surgery, American Volume*, 84(11), 2062.
- Ryan, M. B., MacLean, C. L., & Taunton, J. E. (2006). A review of anthropometric, biomechanical, neuromuscular and training related factors associated with injury in runners. *International SportMed Journal*, 7(2), 120-137.
- Shrier, I. (2007). Does stretching help prevent injuries? In MacAuley, D. (ed.), *Evidence-based sports medicine*, Malden, Mass., Blackwell Pub, 36-58.
- Taunton, J. E., Ryan, M. B., Clement, D. B., McKenzie, D. C., Lloyd-Smith, D., & Zumbo, B. D. (2002). A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. / Analyse retrospective du traitement des données concernant 2002 cas de blessures en course a pied. *British Journal of Sports Medicine*, 36(2), 95-101.
- Van Gent, R. N., Siem, D., Van Middelkoop, M., Van Os, A. G., Bierma-Zeinstra, S., & Koes, B. W. (2007). Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 41(8), 469.
- Wen, D. Y. (2007). Risk factors for overuse injuries in runners. *Current sports medicine reports*, 6(5), 307-313.
- Wilk, B. R., Nau, S., & Valero, B. (2009). Physical Therapy Management of Running Injuries Using an Evidenced Based Functional Approach. *American Medical Athletic Association Journal*, 22(1), 5-6.
- Witvrouw, E., Lysens, R., Bellemans, J., Cambier, D., & Vanderstraeten, G. (2000). Intrinsic risk factors for the development of anterior knee pain in an athletic population: a two-year prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, 28(4), 480-489.
- Witvrouw, E., Mahieu, N., Danneels, L., & McNair, P. (2004). Stretching and injury prevention: an obscure relationship. *Sports Medicine*, 34(7), 443-449.

