



**Universidad**  
Zaragoza

Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

## **Trabajo Fin de Grado**

### **Estudio de los Riesgos Ergonómicos de los Bomberos**

**Autor**

José Plana González

**Tutor**

Marta Rapún López

Departamento de Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal

**Año**

2023/2024

## Índice.

<b>1. Introducción.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Objetivos .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1. Objetivo principal: .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2. Objetivos específicos: .....</b>	<b>7</b>
<b>3. Material y Métodos .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1. Localización y selección de los estudios de investigación.....</b>	<b>8</b>
<b>3.2. Criterios de inclusión. ....</b>	<b>9</b>
<b>3.3. Criterios de exclusión.....</b>	<b>9</b>
<b>3.4. Criterios de calidad de los artículos seleccionados.....</b>	<b>9</b>
<b>3.5. Diagrama de flujo de la revisión. ....</b>	<b>10</b>
<b>3.6. Metodología. ....</b>	<b>11</b>
<b>4. Resultados .....</b>	<b>11</b>
<b>5. Discusión .....</b>	<b>22</b>
<b>6. Conclusiones .....</b>	<b>27</b>
<b>7. Aplicación práctica, ejercicios a realizar: Entrenamiento bomberos.....</b>	<b>28</b>
<b>8. Bibliografía .....</b>	<b>34</b>

## **Resumen**

Los bomberos tienen que soportar elevadas cargas físicas durante su trabajo, así como transportar herramientas y equipo pesado, de esta forma, el riesgo de lesiones músculo esqueléticas debido a estas cargas y a la ergonomía resultante, se incrementa. El objetivo de esta revisión fue determinar el origen de dichas lesiones y las circunstancias en las que se producían para poder tomar las decisiones adecuadas por parte de los responsables a nivel de prevención mediante el ejercicio físico. A través de la revisión sistemática basada en la búsqueda de artículos, filtrados y seleccionados por diferentes parámetros, se obtuvieron resultados. Los resultados datan que las lesiones musculoesqueléticas más frecuentes son en la espalda con un 32%. Además de las lesiones musculares y tendinosas, hay que destacar las asociadas al estrés térmico, riesgos mecánicos, químicos y la fatiga por el síndrome de quemado. En conclusión, el trabajo de bombero requiere cierta preparación tanto física como postural, dotando de un equipo y medidas adecuado para cualquier situación. Para finalizar la revisión, se realiza una propuesta de intervención para evitar los posibles riesgos ergonómicos mediante la preparación física con unos entrenamientos enfocados a trabajar la fuerza y la resistencia cardiovascular.

**Palabras clave:** Ergonomía, lesiones músculo esqueléticas, ayudas mecánicas, ejercicio físico.

## **Abstract**

Firefighters have to endure high physical loads during their work, as well as transport heavy tools and equipment, thus, the risk of musculoskeletal injuries due to these loads and the resulting ergonomics increases. The objective of this review was to determine the origin of these injuries and the circumstances in which they occurred in order to make

appropriate decisions by those responsible at the level of prevention through physical exercise.

Through the systematic review based on the search of articles, filtered and selected by different parameters, results were obtained. The results show that the most frequent musculoskeletal injuries are in the back with 32%. In addition to muscle and tendon injuries, we must highlight those associated with thermal stress, mechanical and chemical risks and fatigue due to burn syndrome. In conclusion, the job of a firefighter requires certain physical and postural preparation, providing appropriate equipment and measures for any situation. To conclude the review, an intervention proposal is made to avoid possible ergonomic risks through physical preparation with training focused on working on strength and cardiovascular resistance.

**Keywords:** Ergonomics, musculoskeletal injuries, mechanical aids, physical exercise.

## **1. Introducción**

Durante su jornada laboral, los bomberos tienen que transportar herramientas y equipos pesados y, en ocasiones, puede que tengan que llevar cargadas a personas de diferentes tamaños y pesos en situaciones de emergencia, incrementando el riesgo de lesiones musculoesqueléticas, como hernias, lesiones de espalda y dolor en las articulaciones (Aurangabadkar, S., Deo, M., & Kadam, S. 2019). Asimismo, los bomberos pueden tener que trabajar en posiciones incómodas y forzadas, como arrodillarse, agacharse o inclinarse durante largos períodos de tiempo (Yang, L., Kang, B., Wang, T., & Zhao, T. 2014). Esto puede aumentar el riesgo de lesiones de la columna vertebral, dolor muscular y rigidez en las articulaciones (Rafaelle do Carmo Santos Marques, C., da Conceição Cavalcanti de Lira, M., José dos Santos Júnior, B., Lopes Cruz, S., Rafaela Dornelas de Andrade Lima, B., Cavalcante da Silva, G., & Vitoria de Santo Antão, E. 2014).

Dado que los bomberos pueden tener que realizar movimientos repetitivos, como agarrar y levantar objetos, sujetar mangueras y utilizar herramientas manuales (Xu, Y., Lavender, S. A., & Sommerich, C. M. 2021), el riesgo de lesiones por esfuerzo repetitivo, como tendinitis y síndrome del túnel carpiano se puede incrementar de forma considerable (Cuenca-Lozano & Ramírez-García, 2023).

Los bomberos a menudo trabajan en condiciones de alta temperatura, y esta exposición a temperaturas extremas puede aumentar el riesgo de deshidratación, agotamiento por calor y otros problemas de salud relacionados (Orr, R., Simas, V., Canetti, E., & Schram, B. 2019).

Para prevenir estas lesiones, es importante que los bomberos reciban entrenamiento adecuado en ergonomía y salud ocupacional, así como utilizar equipos de protección personal adecuados y adoptar técnicas de manejo de cargas y posturas seguras (Lavender,

S. A., Sommerich, C. M., Bigelow, S., Weston, E. B., Seagren, K., Pay, N. A., Sillars, D., Ramachandran, V., Sun, C., Xu, Y., & Marras, W. S. 2020). Además, los programas de acondicionamiento físico pueden ayudar a mejorar la fuerza y resistencia física, lo que puede reducir el riesgo de lesiones en el trabajo (Andrews, K. L., Gallagher, S., & Herring, M. P. 2019).

El conocimiento de la correcta ergonomía y la prevención de lesiones musculoesqueléticas en la profesión de bombero, y proporcionan información valiosa para el desarrollo de estrategias efectivas de prevención y manejo de lesiones, sin embargo, hay estudios que evidencian la falta de formación en la correcta ergonomía (Santos et al., 2014) y que la mayor parte de lesiones ocurren durante el entrenamiento, y no mientras se encuentran realizando un servicio real (Szubert & Sobala, 2002). Esta cuestión es muy importante, porque pequeños cambios en el conocimiento del manejo de determinado material, como las escaleras, pueden suponer una menor tasa de lesiones músculo esqueléticas (Simeonov, P., Hsiao, H., Armstrong, T., Fu, Q., Woolley, C., & Kau, T. Y. 2020; Xu et al., 2021).

Si bien, algunos estudios han resaltado la importancia de tener a su disposición un material adecuado que puede suponer un menor estrés músculo esquelético (Lavender et al., 2020), tales como ayudas a modo de arneses para el transporte de cargas y personas, en muchas ocasiones la carga de trabajo y la propia talla de los bomberos suelen hacer que el ejercicio físico y un buen entrenamiento sean las herramientas fundamentales en la prevención de las alteraciones y patologías músculo esqueléticas (Andrews et al., 2019; Chizewski, A., Box, A., Kesler, R., & Petruzzello, S. J. 2021; MacDermid, J. C., Tang, K., Sinden, K. E., & D'Amico, R. 2019).

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo principal:**

Resumir y actualizar el conocimiento que existe sobre las lesiones músculo esqueléticas sufridas por los bomberos debido a lesión o mala ergonomía.

### **2.2. Objetivos específicos:**

- 1- Determinar las zonas corporales que más lesiones músculo esqueléticas sufren los bomberos.
- 2- Determinar los efectos del ejercicio en la efectividad de la prevención de lesiones en los bomberos.
- 3- Determinar los efectos de diferentes tipos de equipamiento en la prevención de lesiones en los bomberos.

### 3. Material y Métodos

A continuación, se detalla el proceso metodológico llevado a cabo para la realización de esta revisión bibliográfica, que se ha realizado siguiendo la propuesta de Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021) de Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA).

La elección del tema se realizó en los meses de enero-febrero del 2023 y, desde febrero de 2023 hasta la entrega de este, se ha efectuado la revisión de la literatura correspondiente. El diseño de la revisión se realizó entre febrero del 2023 y marzo del 2023, ocupando la escritura de este trabajo desde los meses de marzo a junio del 2023.

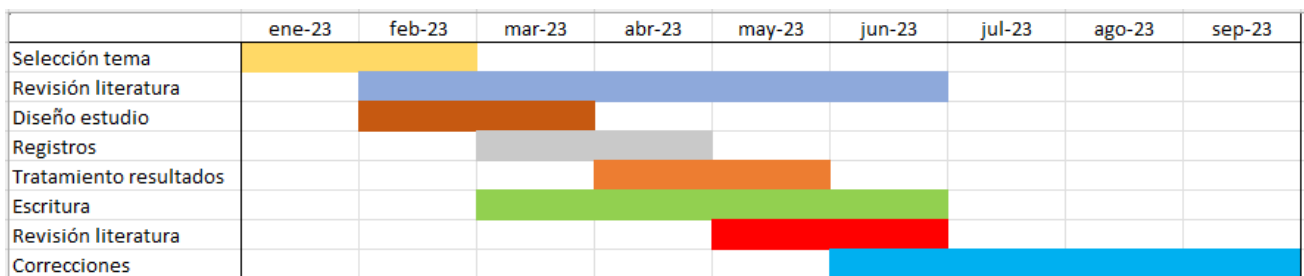


Figura 1. Temporalización del trabajo.

#### 3.1. Localización y selección de los estudios de investigación.

Las bases de datos PubMed y Google Scholar fueron utilizadas para realizar la búsqueda bibliográfica con las siguientes combinaciones de palabras:

Fire fighters “AND” Ergonomy.

Fire Fighters “AND” Injuries “OR” Musculoskeletal pain.



Fire Fighters “AND” Work safety.

Fire Fighters “AND” Physical Condition.

### **3.2. Criterios de inclusión.**

- 1- Artículos aparecidos en los últimos 5 años (2018-2023).
- 2- Estudios originales, ya sean aleatorizados, transversales, longitudinales, estudios piloto.
- 3- Idiomas de escritura: Inglés.
- 4- Artículos accesibles online.

### **3.3. Criterios de exclusión.**

- 1- Artículos no accesibles al completo.
- 2- Artículos en otros idiomas del inglés.
- 3- Artículos en revistas no científicas.

### **3.4. Criterios de calidad de los artículos seleccionados.**

La calidad de los artículos seleccionados se realizó mediante la inclusión de textos aparecidos en revistas indexadas en el Journal of Citation Report de la Web of Sciences, y en el Scimago Journal Ranking, independientemente del cuartil en el que estuviera situada la revista.

### 3.5. Diagrama de flujo de la revisión.

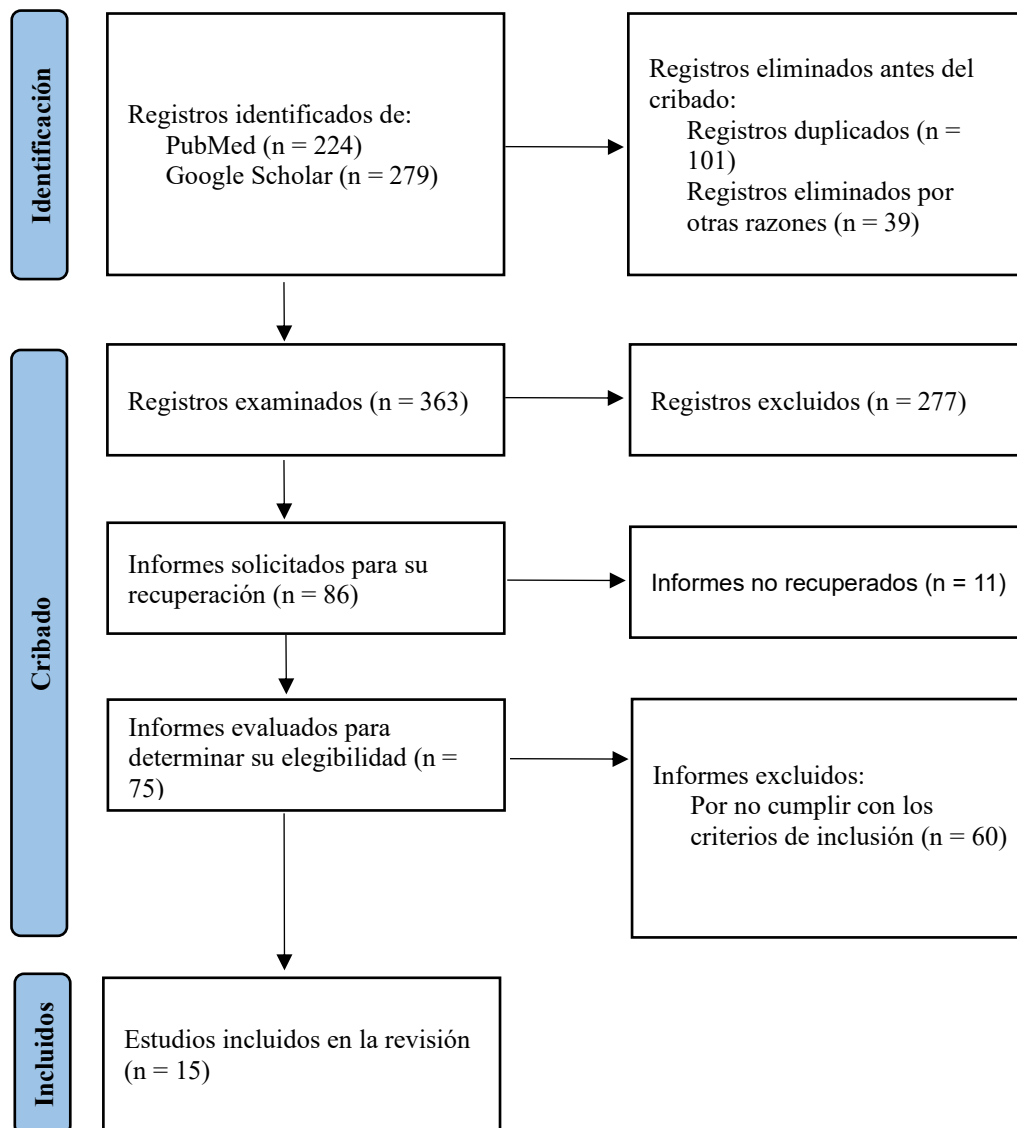


Figura 2. Diagrama de flujo de la revisión.

### **3.6. Metodología.**

Se identificaron 503 artículos preliminares de los que, después de eliminar duplicidades de las bases de datos consultadas, se seleccionaron 363 artículos de los que se excluyeron 277 mediante la lectura del abstract debido a que no trataban sobre ergonomía ni lesiones y/o dolencias músculo-esqueléticas.

De los 86 artículos restantes, 11 no pudieron recuperarse al no ser accesibles online, quedando 75 artículos elegibles que se redujeron a 15 artículos definitivos ya que el resto no cumplía los criterios de inclusión en cuanto a riesgos ergonómicos o físicos de los bomberos.

## **4. Resultados**

Finalmente, fueron revisados 15 artículos que pueden observarse en la tabla 1.

Tabla 1. Listado artículos seleccionados.

Estudio	Muestra	Objetivos y diseño del estudio	Variables Analizadas	Metodología	Resultados
Beach T. Frost D. Zehr J Howarth S. McGill S. Callaghan J.(2019)	20 bomberos	Este estudio trató de determinar las cargas espinales producidas durante las tareas de extinción realizadas por los bomberos.	Fuerzas de compresión anteroposteriores y laterales en la columna vertebral.	Estudio descriptivo	La magnitud de la carga sobre la columna vertebral dependerá mucho de la condición física de los bomberos y de su habilidad profesional en las tareas requeridas.
Brown, Michelle Nicole. Char, Rachel Michelle Mei Ling. Henry, Shawn O. Tanigawa, Jenna. Yasui, Shelyce (2019)	21 bomberos 20 hombres 1 mujer	El objeto de este estudio fue determinar la afectación en el equilibrio estático y dinámico cuando se utilizan equipos de protección individual.	Tres pruebas funcionales de equilibrio: (1) Equilibrio estático con una sola pierna (SSL); (2) Equilibrio dinámico con una sola pierna (DSL); (3) Límites de estabilidad (LOS).	Las pruebas de equilibrio se realizaron bajo una condición de control y tres condiciones de EPI aleatorias: (1) ropa deportiva; (2) prendas de protección; (3) prendas de protección + ERA; (4) prendas de protección + ERA + máscara facial	Las 2 condiciones + ERA, tanto con máscara facial (4) como sin ella (3), afectaban negativamente al equilibrio dinámico.
Campbell, Richard (2018)	1.000.000 incidentes	El objeto de este estudio fue determinar la prevalencia y localización de las lesiones laborales sufridas por los bomberos.	Zonas corporales en las que se producen lesiones	Datos recogidos a través del Sistema Nacional de Notificación de Incidentes de Incendios y la encuesta anual de la Asociación Nacional de Protección	En el período 2010-2014 (ambos inclusive), los bomberos sufrieron una media anual de 30.290 lesiones en el

				<p>contra Incendios de los departamentos de bomberos municipales para perfilar las lesiones de los bomberos estadounidenses ocurridas en el parque de bomberos de 2010 a 2014</p>	<p>parque de bomberos al año en este período de 5 años.</p> <p>La mayoría de las lesiones se produjeron en incendios residenciales.</p> <p>Un tercio de los accidentes derivó en una baja laboral.</p> <p>La principal causa de lesión fueron distensiones y sobreesfuerzos.</p> <p>Otras causas de lesión fueron caídas, resbalones, agresiones por parte de personas y/o animales.</p>
<p>Chizewski, Annmarie. Box, Allyson. Kesler, Richard.</p> <p>Petruzzello, Steven J. (2021)</p>	<p>89 bomberos hombres</p>	<p>El objeto de este estudio fue determinar la capacidad de extinción de incendios según la condición física de los participantes y según su habilidad en el Desarrollo del trabajo.</p>	<p>Tiempo de carrera 1,5 millas.</p> <p>Prueba de abdominales y press banca de la Asociación cristiana de jóvenes.</p> <p>Salto vertical.</p>	<p>La forma física y la capacidad de lucha contra incendios se evaluaron en la semana 1 y en la semana 7 durante una academia de formación básica de bomberos.</p>	<p>La forma física predijo una variación significativa en la capacidad de extinción de incendios en la semana 1 (<math>R^2 = 0,46</math>; <math>p &lt; 0,01</math>) y en la semana 7 (<math>R^2 = 0,46</math>; <math>p &lt; 0,01</math>), después de</p>

			Seat and Reach. Tiempo en completar una prueba específica de habilidades de extinción de incendios.		tener en cuenta la edad y el índice de masa corporal. La resistencia cardiovascular representó el 22,4% ( $F\Delta(1, 85) = 25,75$ ) y el 39,3% ( $F\Delta(1, 85) = 55,53$ ), mientras que la resistencia muscular representó un 19,0% adicional ( $F\Delta(3, 82) = 10,34$ ) y un 6,3% ( $F\Delta(3, 82) = 3,2$ ) de varianza única en la capacidad de lucha contra incendios en la Semana 1 y la Semana 7, respectivamente.
Ferreira D. Marins E. Cavalcante P. Simas V. Canetti E. Orr R. Vieira A (2023)	524 bomberos (84% hombres; 16% mujeres)	El objeto de este estudio fue analizar las tareas más demandantes a nivel físico de los bomberos brasileños.	Encuesta	Encuesta en línea y calificaron 37 tareas en tres dominios (más importante, más frecuente y exigente físicamente).	El control del tráfico se consideró la tarea más importante y frecuente. El rescate de socorristas se consideró la tarea más exigente desde el punto de vista físico. El análisis dicotómico identificó 14 tareas esenciales

					(siete de extinción de incendios estructurales y siete de accidentes de tráfico).
Gerstner, Gena R. Mota, Jacob A. Giuliani, Hayden K. Weaver, Mark A. Shea, Nicholas W. Ryan, Eric D (2022)	Treinta y cinco bomberos (3 mujeres; $34,3 \pm 9,1$ años)	El propósito de este estudio fue examinar la influencia de repetidas tandas de trabajo por turnos sobre la fuerza máxima y rápida de las extremidades inferiores y el tiempo de reacción en bomberos profesionales.	Tiempo de reacción. Fuerza rápida máxima, absoluta y normalizada.	Se evaluaron in situ el tiempo de reacción (TR), la fuerza rápida máxima, absoluta y normalizada (50, 100, 150, 200ms) y las medidas de PVT	La fuerza rápida temprana (50 ms) absoluta fue la única variable que se redujo significativamente (-25,9%; $p^{1/40,031}$ ) tras la rotación de turno completa. La fuerza rápida precoz puede ser una medida sensible para detectar la fatiga relacionada con el trabajo, a pesar de los cambios mínimos en el sueño entre las noches de trabajo y las de descanso y la baja duración de las guardias.
Heydari, Ahad. Ostadtaghizadeh, Abbas. Ardalan, Ali. Ebadi, Abbas. Mohammadfam,	21 bomberos	Este estudio tuvo como objetivo determinar la afectación de la resiliencia de los bomberos según su personalidad y estado físico.	Entrevista	Los datos se recopilaron mediante 3 entrevistas no estructuradas y luego se reanudaron mediante 18 entrevistas	La personalidad, el estado físico, el comportamiento y las características psicológicas de los

Iraj. Khorasani-Zavareh, Davoud (2022)				semiestructuradas. El análisis de datos se realizó mediante el método Graneheim	bomberos pueden afectar a su resiliencia, junto con los factores organizativos y de gestión que desempeñan un papel importante en la seguridad de las personas
Lavender, Steven A. Sommerich, Carolyn M. Bigelow, Steven. Weston, Eric B. Seagren, K. Pay, Noura Amini. Sillars, Dawn. Ramachandran, V. Sun, Chunyi. Xu, Y (2020)	14 bomberos	El objetivo de este estudio fue valorar la utilidad de dos equipamientos específicos para transporte de víctimas.	Análisis de la columna vertebral mediante electromiografía y cámaras de alta velocidad	En este estudio descriptivo se evaluó mediante electromiografía y cámaras de alta velocidad mientras se elevaba a los pacientes con la cinta Bider Lift, la Simple Strap y el asiento Slip Preventer.	las fuerzas de cizallamiento dinámicas máximas de la columna vertebral en el nivel L5/S1 se redujeron al utilizar la cinta Simple Strap, la cinta Binder Lift y el asiento hinchable simulado. El Slip Preventer redujo la flexión de la columna cuando no se utilizó el Binder Lift
MacDermid, Joy C. Tang, Kenneth. Sinden, Kathryn E. D'Amico, Robert (2019)	239 bomberos	En este estudio se pretendió comparar la percepción de limitación en la tarea versus la realización de la misma.	Cuestionario específico.	Describir las distribuciones y correlaciones de un Cuestionario de Limitaciones Laborales genérico auto informado (WLQ-26) y pruebas	Las puntuaciones medias de los ítems del WLQ-26 (/5) oscilaron entre 4,1 y 4,4 (mediana = 5 para todos los ítems).



				<p>basadas en el rendimiento en tareas específicas de extinción de incendios.</p> <p>Pruebas físicas basadas en el rendimiento de arrastre de manguera y subida de escaleras con un paquete a cuestras a una gran altura</p>	<p>En la tarea de arrastre de mangueras, el tiempo medio de ejecución fue de 48,0 s (DE = 14,5; rango 20,4-95,0). Para la tarea de subir escaleras, el tiempo medio para completarla fue de 76,7 s (SD = 37,2; rango 21,0-218,0). No hubo correlaciones significativas entre las limitaciones laborales autoinformadas y el rendimiento en las tareas de extinción de incendios.</p>
<p>Nazari, Goris. Macdermid, Joy C. Sinden, Kathryn. D'Amico, Robert (2020)</p>	<p>390 bomberos. 272 masc. 118 fem.</p>	<p>Estudio que inform acerca de la prevalencia de lesiones músculo esqueléticas de los bomberos canadienses</p>	<p>Cuestionario</p>	<p>Cuestionario estandarizado de 11 preguntas: "Indique si ha experimentado dolor en alguna región del cuerpo en la última semana", con opciones de respuesta que incluían "Sí", "No", y "Cabeza", "Cuello", "Hombro", "Brazo/Codo/Mano", "Espalda",</p>	<p>212 (54%) indicaron haber sufrido algún tipo de síntomas músculo-esqueléticos en la última semana. Los más frecuentes fueron: 123 (32%) en la región de la espalda, 92 (24%) en la región del hombro,</p>

				"Estómago/Abdomen", "Muslo", "Rodilla", "Pierna", "Pie", "Otro, especifique"	74 (19%) en la región del cuello y 70 (18%) en la región de la rodilla. Además, las mujeres indicaron una probabilidad 1,6 veces mayor de sufrir $\geq 2$ MSS cuando se controlaron las diferencias individuales de edad y años de servicio.
Simeonov, P. Hsiao, Hongwei. Armstrong, Thomas. Fu, Qianyi. Woolley, Charles. Kau, Tsui Ying (2020)	19 bomberos  10 fem  9 masc	El objetivo de este estudio fue determinar la implicación muscular de los bomberos mientras utilizaban dos tipos diferentes de escaleras.	Tiempo de escalada. Fuerzas ejercidas en los pies.	Los bomberos ascendieron y descendieron por escaleras instrumentadas con peldaños espaciados a 356 mm (diseño actual) y 305 mm en una configuración de laboratorio. Las pruebas de ascenso se realizaron en cinco condiciones de inclinación de la escalera y del pasamanos: 30° con pasamanos bajos (305 mm) y altos (914 mm), 52,5° con y sin pasamanos bajos, y 75° sin pasamanos. Se registraron las fuerzas ejercidas por pies y manos y los movimientos corporales, y se utilizaron	La reducción de la separación entre peldaños dio lugar a una reducción de las fuerzas del pie, de la mano y del momento transversal del tobillo. También se asoció con un aumento de la velocidad de escalada en el caso de las escaladoras y con un aumento del rebasamiento vertical del tobillo

				para calcular los momentos articulares de la parte superior e inferior del cuerpo	
Soteriades, Elpidoforos S. Psalta, Lilia. Leka, Stavroula. Spanoudis, George. (2019)	430 bomberos	Este estudio trató de localizar el grado de estrés percibido por los bomberos en diferentes tareas, así como la prevalencia de lesiones.	Cuestionario	Batería de cuestionarios adaptados completados de forma anónima acerca del grado de estrés percibido.	<p>Un total del 11% de los bomberos declararon estrés de moderado a extremadamente grave mediante el Cuestionario Psicosocial de Copenhague y la Escala de Depresión, Ansiedad y Estrés. Un 40% de los bomberos declararon síntomas musculoesqueléticos, siendo el más frecuente el dolor de espalda.</p> <p>Los modelos de regresión logística con ajuste multivariable mostraron que el estrés laboral se asociaba a un riesgo un 50% mayor de síntomas musculoesqueléticos</p>

					en los bomberos tras ajustar por edad, tabaquismo y obesidad (OR = 1,52; p = 0,04). Además, se encontró una relación dosis-respuesta positiva entre el estrés laboral y los síntomas musculoesqueléticos.
Xu, Yilun. Lavender, Steven A. Sommerich, Carolyn M (2020)	15 bomberos hombres	Este estudio trató de determinar la utilidad de un equipamiento diseñado para transportar víctimas.	Se midió la activación muscular mediante electromiografía de los músculos dorsales, trapecios y erectores espinales, así como la sensación de esfuerzo percibido.	Quince participantes elevaron a un paciente simulado, con la ayuda de un asistente, utilizando el método de la correa y un método tradicional (agarrando los hombros) en una zona abierta, un espacio restringido y en una bañera.	las respuestas EMG de los músculos dorsal ancho se redujeron, la actividad EMG de los músculos erectores espinales aumentó cuando se utilizó la correa. Las evaluaciones del esfuerzo percibido apoyaron el uso de la correa.
Yunus, Muhamad Nurul Hisyam. Jaafar, Mohd Hafiidz. Mohamed, Ahmad Sufiril Azlan. Azraai,	201 bomberos	Este estudio trató de determinar el estrés torácico sufrido por los bomberos cuando utilizan el equipamiento de protección individual.	Cuestionario. Acelerometría del tórax durante la realización de tareas.	Se utilizó un conjunto de cuestionarios para identificar la prevalencia del dolor musculoesquelético experimentado por los bomberos. En este estudio	El sesenta y tres por ciento de los bomberos informaron de dolor lumbar durante el trabajo, según el cuestionario de dolor

Nur Zaidi. Amil, Norhaniza. Zein, Remy Md (2022)				se utilizó la captura de movimiento de la unidad de medición inercial (IMU) para registrar la desviación del ángulo corporal y la aceleración angular de la extensión del tórax de los bomberos	musculoesquelético. El análisis biomecánico de la desviación del ángulo del tórax y de la aceleración angular ha demostrado que el uso de EPI por parte de los bomberos provoca de forma significativa una restricción del movimiento y una limitación de la movilidad de los bomberos. La edad de los trabajadores influye en la desviación del ángulo mientras llevan puesto el EPI y el IMC de los trabajadores influye en la aceleración angular sin llevar puesto el EPI durante la actividad de elevación.
---	--	--	--	---	--

## 5. Discusión

Empezaremos por los riesgos de lesiones y dolencias a nivel músculo-esquelético de los bomberos, siguiendo por las circunstancias que pueden incrementar dichas dolencias, como la talla, el material y la falta de CF, a partir de ahí veremos las más comunes de las dolencias y pasaremos a ver qué se puede hacer por parte de los bomberos para reducir esta incidencia, centrándonos en 3 aspectos: educación para la ergonomía, condición física, mejoras en el material utilizado.

**En cuanto a los riesgos laborales**, son diferentes estudios los que han tratado de evidenciar las lesiones músculo esqueléticas más habituales, encontrando que las zonas más comunes de lesión son la espalda (32%), el hombro (24%), cuello (19%) y rodilla (18%), con una probabilidad aumentada de 1,6 veces en caso de ser mujeres (Nazari, G., Macdermid, J. C., Sinden, K., & D'Amico, R. 2020). Siendo las causas más comunes los esguinces y distensiones musculares y ligamentosos debidos resbalones, tropiezos y caídas, así como los sobre esfuerzos musculares (Orr et al., 2019).

Los principales riesgos de los bomberos a la hora de padecer una lesión física se localizan, sobre todo, en el momento de intervenir en algún siniestro, la mayor parte siniestros de casas residenciales, pero también pueden suceder durante los entrenamientos en el propio parque de bomberos (Campbell, 2018). Según Campbell (2018) se estima que las causas de estas incidencias en el propio parque de bomberos son los sobreesfuerzos y las distensiones musculares y tendinosas, seguidas por tropiezos, resbalones y caídas, ascendiendo a una media anual de 30.290 lesiones, siendo inhabilitantes un tercio de todas ellas.

Cuenca-Lozano (2023) concluye que la mayor parte de riesgos, además de las lesiones musculares y tendinosas, son las enfermedades profesionales asociadas al estrés térmico,

el estrés psicológico, riesgos mecánicos, químicos y la fatiga por síndrome del quemado (burnout), sugiriendo medidas preventivas que deben iniciarse en la información de los riesgos a los bomberos.

Las tareas más demandantes y exigentes, efectuadas por los bomberos, son los rescates de personas, la extinción de incendios forestales, y la extinción de incendios estructurales, mientras que las más comunes son la intervención en accidentes de tráfico. El conocimiento de estas tareas puede ayudar a implantar programas de prevención dirigidos a los bomberos (Ferreira et al., 2023).

Se ha evidenciado que la capacidad de resiliencia de los bomberos afecta, positiva o negativamente a los accidentes y lesiones producidas, y esta está muy condicionada por las características psicológicas y físicas de los sujetos, por lo que es importante establecer estrategias conjuntas de entrenamiento, tanto psicológico como físico, para mejorar la seguridad de los bomberos (Heydari et al., 2022). MacDermid et al., (2019), estudiaron la autopercepción de las propias limitaciones en comparación con pruebas físicas específicas, basadas en tareas de extinción de incendios, encontrando que muchas veces, los bomberos perciben menor autolimitación acerca de una tarea en comparación con el resultado real en la prueba física correspondiente, lo que puede llevar a situaciones de riesgo en cuanto a sufrir alguna lesión, de ahí que sea fundamental ahondar en el desarrollo de test psicológicos más adecuados a la realidad auto percibida, ya que existe una alta correlación entre el estrés laboral y los síntomas músculo esqueléticos (Soteriades et al., 2019), siendo un riesgo adicional y presentando una mayor prevalencia de lesiones en el trabajo.

**Respecto a la influencia del equipamiento para la extinción de incendios en las lesiones músculo esqueléticas,** un área de estudio ha sido la influencia del equipamiento,

tanto de extinción de incendios como de equipos de protección individual (EPI) en el desarrollo de las tareas y la aparición de lesiones, Brown et al., (2019) estudiaron los efectos sobre el equilibrio dinámico y estático de los equipos de respiración autónomos porque alteran el centro de masas del bombero, limitando el movimiento y la visión y, según este autor, el equilibrio dinámico se perjudicaba bastante en presencia de estos equipamientos.

Yunus et al., (2022) analizaron el movimiento del tronco mediante acelerometría, cuando se elevaba a un accidentado, con el equipo individual de protección (EPI) correctamente ajustado y observaron que el EPI disminuía la capacidad de movimiento y limitaba la agilidad de los bomberos, coincidiendo con los resultados reportados por Brown (2019). También encontraron que la edad de los bomberos influía en la disminución de la movilidad y agilidad, siendo superior dicha disminución en los bomberos de más edad.

A nivel de equipamiento auxiliar, el estudio de elementos de ayuda para la elevación y transporte de personas heridas se ha basado en el uso de cintas y asientos específicamente diseñados para ello. Xu et al., (2021) estudiaron el uso de una cinta con una medida que permitiese a los bomberos realizar el levantamiento de la persona puestos en pie y que se colocaba bajo el torso de la persona herida para comprobar si reducía el esfuerzo muscular. Las pruebas de levantamiento se realizaron en zona abierta, espacio restringido y con el herido en una bañera y, aunque el resultado fue dispar, la actividad de los músculos medidos por electromiografía se reducía cuando se utilizaba la cinta versus cuando se realizaba la prueba mediante el método tradicional de levantamiento.

Otros autores (Lavender et al., 2020) investigaron equipamientos comerciales diseñados para ayudar al levantamiento de heridos, en este caso utilizaron dos tipos diferentes de cintas y una grúa específicamente diseñada al efecto, concluyendo que las fuerzas de



compresión y cizallamiento sobre la columna vertebral de los bomberos se reducían significativamente cuando utilizaban dicho equipamiento, disminuyendo también la flexión de la columna durante la ejecución de los levantamientos.

También se han investigado los efectos de reducir el espacio entre escalones en las escaleras utilizadas para la extinción de incendios, Simeonov et al., (2020) probaron a reducir 49 mm la distancia entre peldaños de una escalera contra incendios, observando una reducción de las fuerzas que debían ejercer los pies, la mano, y las fuerzas de cizalla a soportar por los tobillos al mismo tiempo que se incrementaba la velocidad de escalada, las pruebas efectuadas se realizaron en diferentes inclinaciones del pasamanos, sucediendo lo mismo en las diferentes configuraciones de la escalera.

**Por último, la influencia del ejercicio físico para la prevención de lesiones músculo esqueléticas en bomberos,** la realización de ejercicio físico es de gran importancia a la hora de establecer programas preventivos acerca del riesgo físico y ergonómico que sufren los bomberos en su trabajo diario, y, en general, se proponen los entrenamientos de fuerza como los más adecuados debido a que la fuerza es la capacidad condicional que se ha demostrado más útil a la hora de realizar dicha prevención Andrews et al., (2019) realizó una investigación acerca de la influencia del ejercicio físico en la disminución de lesiones músculo esqueléticas sufridas por los bomberos, encontrando, entre otros resultados, que el ejercicio físico:

1. Mejora el porcentaje de grasa corporal de los bomberos.
2. Incrementa la capacidad y la potencia aeróbicas.
3. Incrementa la fuerza y la potencia muscular.

Siendo el entrenamiento de fuerza el que más mejoras provoca en el desempeño profesional de los bomberos, disminuyendo el riesgo de lesiones y accidentes cardiovasculares.

Chizewski (2021) llega a la conclusión de que el ejercicio físico realizado de forma regular puede prevenir problemas de salud en los bomberos y mejorar su capacidad de lucha contra el fuego. En su estudio investigó la relación entre la capacidad física y la capacidad de extinción de incendios evaluando la capacidad física mediante una batería de pruebas entre las que se encontraban carrera de 1,5 millas, número de abdominales realizados, número de flexiones de brazos realizadas, levantamiento de peso en press banca, capacidad de salto vertical y flexibilidad de la cadena posterior; mientras que la capacidad de extinción de incendios se evaluó mediante el tiempo de duración de una prueba específica. Los resultados mostraron una correlación significativa entre capacidad física y la capacidad de extinción de incendios, sobre todo en los test de fuerza efectuados.

Los estudios revisados resaltan la importancia del entrenamiento de la fuerza como capacidad física prioritaria, y en este sentido, Gerstner et al., (2022) realizaron un estudio en el que medían la influencia de la fuerza máxima y la ratio de aplicación de la fuerza (fuerza explosiva) en extremidades inferiores sobre el tiempo de reacción de los bomberos, para ello analizaron la fuerza después de un turno de trabajo completo, encontrando que la fuerza explosiva disminuía significativamente, siendo una medida posiblemente fiable para determinar el estado de fatiga de los bomberos, ayudando, así, a planificar los turnos y salidas de los mismos y mostrando la importancia del entrenamiento de fuerza como componente principal del entrenamiento físico de los bomberos.

## **6. Conclusiones**

Después de revisar la literatura científica existente, se puede concluir que:

- 1.- El trabajo de bombero supone la realización de esfuerzos físicos, adopción posturas forzadas y repetitivas y deterioro del sistema músculo esquelético debido a una falta de ergonomía adecuada.
- 2.- La educación acerca de la correcta ergonomía y biomecánica a emplear durante los entrenamientos y en emergencias contribuye a reducir las lesiones y dolencias músculo esqueléticas.
- 3.- El ejercicio físico es una herramienta adecuada para prevenir e intervenir en las lesiones y dolencias músculo esqueléticas.
- 4.- Los avances en el diseño y funcionalidad del equipamiento que portan los bomberos para su trabajo diario es importante a la hora de reducir las lesiones y dolencias músculo esqueléticas que pueden producirse en los entrenamientos y en situaciones de intervención en emergencias.

## 7. Aplicación práctica, ejercicios a realizar: Entrenamiento bomberos.

Los ejercicios de fuerza deberían realizarse siempre en consonancia con las capacidades de los ejecutantes que deben ser previamente evaluadas, y en base a las particularidades de cada persona.

Según Martín (2021), durante el proceso de aprendizaje de estos ejercicios debe prevalecer el factor cualitativo frente al cuantitativo, para ello, conviene focalizar las instrucciones y el *feedback* en las siguientes consideraciones técnicas genéricas:

1. Realizar un correcto *bracing* lumbo-abdominal, para incrementar la estabilidad del raquis.
2. Mantener un correcto control lumbo-pélvico.
3. Mantener la zona neutra de la región lumbar.
4. Controlar el movimiento del tronco.
5. Mantener un correcto ritmo escápulo humeral.
6. Evitar acciones articulares desaconsejadas, principalmente por exceso de rango de movimiento.
7. Mantener una adecuada postura cervical.
8. Garantizar un adecuado equilibrio.

A nivel de acciones motoras, se consideran básicos los siguientes:

- Flexiones de brazos (*Push-Up*).
- Sentadilla (*Squat*), cuya progresión de enseñanza será la siguiente:
  - Sentadilla con peso corporal (*Air Squat*).
  - Sentadilla Goblet (*Goblet Squat*).
  - Sentadilla trasera (*Back Squat*).

- Sentadilla frontal (*Front Squat*).
- Sentadilla sobre cabeza (*Overhead Squat*).
- Tirones desde el suelo (*Pull from Ground*), con la siguiente progresión de enseñanza:
  - Bisagra de cadera (*Hip Hinge*).
  - Peso muerto rumano (*Romanian Deadlift*).
  - Peso muerto (*Deadlift*).
  - Balanceo de pesa rusa (*Kettlebell Swing*).
- Empujes verticales (*Vertical Push*), con la siguiente progresión de enseñanza:
  - Empuje con *Landmine* (*Landmine press*).
  - Empuje sobre cabeza (*Overhead Press*).
  - Empuje de potencia (*Push Press*).
  - *Split Jerk*.
- *Lunges* unilaterales.
- Secuenciales
  - Cargada.
    - Cargada balón medicinal.
    - Cargada colgante alta.
    - Cargada colgante.
    - Cargada.

- Arrancada.
  - Arrancada colgante alta.
  - Arrancada colgante.
  - Arrancada de potencia.
  - Arrancada.

Para el desarrollo de la resistencia cardiovascular, y debido a que los bomberos se encuentran en el parque durante su turno, se observa difícil que puedan salir fuera del mismo a realizar carrera en la calle, ya que en caso de intervención tienen que estar en su puesto de trabajo en el parque, es por ello que se va a hacer una relación del equipamiento con el que podrían entrenar la resistencia cardiovascular.

Existen numerosas definiciones de lo que es la resistencia, pero desde un punto de vista mecánico de los ejercicios que se realizan para su desarrollo, se puede decir que la resistencia es el tiempo que el deportista es capaz de mantener un determinado nivel de fuerza: capacidad de mantener una aplicación de fuerza a lo largo del tiempo. Existe un aporte metabólico complejo, pero el objetivo final va a ser el mismo: proporcionar energía al músculo para que este siga activándose. Este mantener niveles de fuerza submáximos durante un determinado tiempo, es lo que tradicionalmente se ha denominado resistencia (Moras, 2013), es decir, que la resistencia es la capacidad de realizar ejercicio repetitivo de forma continua.

Evidentemente, dentro de la preparación física, esta definición es posible que se quede corta, por ello, hay que revisar algunas de las definiciones más tradicionales de la misma:

- Capacidad de mantener un esfuerzo sin que disminuya la intensidad de trabajo, o bien, la capacidad de recuperarse rápidamente después de la realización de un esfuerzo físico o psíquico (Maughan, 1992; Zintl, 1991).
- Capacidad de retrasar la fatiga y sus efectos (Friel, 2009).
- Capacidad física y mental (Bompa, T. 2009).

No obstante, en lo relacionado con la asignatura Sistemática del movimiento se debe abordar la resistencia como una capacidad que ayuda a mantener los niveles adecuados de calidad motora mientras se realizan ejercicios y la implicación de la repetitividad de dichos ejercicios en el tiempo de forma que no afecten a la salud músculo-esquelética de las personas (Sharman, 2011). Estudiando la mecánica de estos y su correcta realización, dado que las opciones motoras para el entrenamiento de la resistencia son muy variadas y pueden, o no, implicar equipamiento externo deportivo.

La elíptica es un equipamiento deportivo muy utilizado en el entrenamiento de la resistencia y algunos autores argumentan que uno de sus valores añadidos es la menor magnitud de impacto mecánico en las articulaciones (Burnfield et al., 2010) durante su realización, pero la evidencia existente no es muy abundante habiendo encontrado un incremento en la flexión lumbar y un descenso de la extensión de la misma zona si se compara con la marcha y esto ha supuesto que otros autores (Drake & Callahan, 2009; Moreside & McGill, 2012) consideren que su utilización debe ser cuidadosa debido a:

- Longitud pre-establecida de la zancada, que es posible que no se adapte a las personas más altas o más bajas respecto la media, ya que la construcción es estandarizada y no se puede amoldar dicha longitud.

- El uso de los brazos articulados por parte de los ejecutantes puede resultar en un incremento de las fuerzas de cizalla sobre las vértebras lumbares (por una excesiva rotación), evidenciándose más en aquellas personas con extremidades superiores e inferiores más cortas.
- El momento de flexión sobre la columna vertebral se incrementará al elevar la velocidad de trabajo, aún más en las personas más altas.

Atendiendo a estos argumentos, se puede considerar a la elíptica y su acción motora como un buen medio para desarrollar la resistencia siempre que se atienda con precaución a lo anteriormente expuesto y, a nivel fisiológico se suma el hecho de que el ejercicio realizado en elíptica versus a la bicicleta resulta en un mayor componente de intensidad a todos los niveles de acondicionamiento cardiovascular, tanto en las fases aeróbicas, como en las fosfolíticas y glucolíticas (Mier & Feito, 2006).

Otras acciones motoras muy utilizadas en el desarrollo de la resistencia son los ejercicios realizados con el propio peso corporal a diferentes intensidades y volúmenes de trabajo, se ha demostrado que la realización de ejercicios tales como los Burpees son igual de eficaces que la ejercitación en cicloergómetro si se realiza un mismo protocolo (Gist et al., 2014), por lo que son una opción muy interesante para introducirlos en forma de circuitos en la sesiones de entrenamiento dedicadas a la mejora de la resistencia.

Un elemento que se ha puesto muy de moda entre los preparadores físicos han sido las *battle ropes*, en los que las extremidades superiores juegan un papel fundamental. Sin embargo, a nivel de implicaciones motoras, las *battle ropes* son un equipamiento en el que se deben extremar las medidas de atención, debido a la rápida fatiga inducida por ellas y la repercusión sobre la correcta ejecución (Fountaine & Schmidt, 2015). A otros niveles, se han mostrado eficaces en variables como la precisión del lanzamiento en



baloncesto, velocidad del pase, salto, e incremento de la fuerza de agarre (Chen, 2018; Meier, 2015).

También es posible utilizar las denominadas pesas rusas, o *Kettlebells*, para la mejora de la resistencia, si bien, el dominio de la técnica de estos implementos es bastante dificultoso y requiere de una curva de aprendizaje larga, se ha demostrado que con movimientos básicos, como puede ser el *swing* con *kettlebell* la resistencia mejora de forma similar a la mejora obtenida en cicloergómetro y la fuerza de agarre se ve beneficiada por su uso (Williams & Kraemer, 2016).

## 8. Bibliografía

- Andrews, K. L., Gallagher, S., & Herring, M. P. (2019). The effects of exercise interventions on health and fitness of firefighters: A meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 29(6), 780–790. <https://doi.org/10.1111/SMS.13411>
- Aurangabadkar, S., Deo, M., & Kadam, S. (2019). Prevalence of work related musculoskeletal disorders in fire fighters. *Original Research Article*, 7(6), 3320–3345. <https://doi.org/10.16965/ijpr.2019.193>
- Bompa, T. (2009). *Periodización. Teoría y metodología del entrenamiento*. Hispano-Europea.
- Brown, M. N., Char, R. M. M. L., Henry, S. O., Tanigawa, J., & Yasui, S. (2019). The effect of firefighter personal protective equipment on static and dynamic balance. *Https://Doi.Org/10.1080/00140139.2019.1623422*, 62(9), 1193–1201. <https://doi.org/10.1080/00140139.2019.1623422>
- Burnfield, J.M., Shu, Y., Buster, T., Taylor, A. (2010). Similarity of joint kinematics and muscle demands between elliptical training and walking: implications for practice. *Phys. Ther.* 90, 1–17.
- Campbell, R. (2018). U.S. Firefighter Injuries on the Fireground, 2010–2014. *Fire Technology*, 54(2), 461–477. <https://doi.org/10.1007/S10694-017-0692-9>
- Chen W, Wu H, Lo S, Chen H, Yang W, Huang C, and Liu C. (2018). Eight-week battle rope training improves multiple physical fitness dimensions and shooting accuracy in collegiate basketball players. *J Strength Cond Res* 32: 2715–2724.
- Chizewski, A., Box, A., Kesler, R., & Petruzzello, S. J. (2021). Fitness Fights Fires: Exploring the Relationship between Physical Fitness and Firefighter Ability. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(22). <https://doi.org/10.3390/IJERPH182211733>
- Cuenca-Lozano, M. F., & Ramírez-García, C. O. (2023). Occupational Hazards in Firefighting: Systematic Literature Review. *Safety and Health at Work*, 14(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/J.SHAW.2023.01.005>
- Drake, J.D., Callaghan, J.P. (2009). Intervertebral neural foramina deformation due to two types of repetitive combined loading. *Clin. Biomech.* 24, 1–6.

- Elm, E. von, Altman, D. G., Egger, M., Pocock, S. J., Gøtzsche, P. C., & Vandenbroucke, J. P. (2007). Strengthening the reporting of observational studies in epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *BMJ*, 335(7624), 806–808. <https://doi.org/10.1136/BMJ.39335.541782.AD>
- Ferreira, D. V., Marins, E., Cavalcante, P., Simas, V., Canetti, E. F. D., Orr, R., & Vieira, A. (2023). Identifying the most important, frequent, and physically demanding tasks of Brazilian firefighters. *Ergonomics*. <https://doi.org/10.1080/00140139.2023.2206072>
- Fountaine, C. Schmidt, B. (2013). Metabolic cost of rope training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4). <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a35da8>
- Friel, J. (2009). *The triathlete's training bible*. 3<sup>a</sup> ed. Boulder.
- Gerstner, G. R., Mota, J. A., Giuliani, H. K., Weaver, M. A., Shea, N. W., & Ryan, E. D. (2022). The impact of repeated bouts of shiftwork on rapid strength and reaction time in career firefighters. <https://doi.org/10.1080/00140139.2021.2016997>, 65(8), 1086–1094. <https://doi.org/10.1080/00140139.2021.2016997>
- Gist, N. Freese, E. Cureton, K. (2014). Comparison of responses to two high-intensity intermittent exercise protocols. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(11):3033-40.
- Heydari, A., Ostadtaghizadeh, A., Ardalan, A., Ebadi, A., Mohammadfam, I., & Khorasani-Zavareh, D. (2022). Exploring the criteria and factors affecting firefighters' resilience: A qualitative study. *Chinese Journal of Traumatology*, 25(2), 107. <https://doi.org/10.1016/J.CJTEE.2021.06.001>
- Lavender, S. A., Sommerich, C. M., Bigelow, S., Weston, E. B., Seagren, K., Pay, N. A., Sillars, D., Ramachandran, V., Sun, C., Xu, Y., & Marras, W. S. (2020). A biomechanical evaluation of potential ergonomic solutions for use by firefighter and EMS providers when lifting heavy patients in their homes. *Applied Ergonomics*, 82. <https://doi.org/10.1016/J.APERGO.2019.102910>
- MacDermid, J. C., Tang, K., Sinden, K. E., & D'Amico, R. (2019). Work Functioning Among Firefighters: A Comparison Between Self-Reported Limitations and Functional Task Performance. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 29(1), 194–204. <https://doi.org/10.1007/S10926-018-9778-6/TABLES/4>
- Martín, F. (2021a) *Apuntes asignatura Entrenamiento deportivo: Preparación Física*. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y Deportes. Universidad de Valencia.
- Martín, F. (2021b) *Apuntes asignatura Sistemática del movimiento*. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y Deportes. Universidad de Valencia.

- Maughan, R.J. (1992). Aerobic function. *Sports Science*. 1:28-42.
- Meier J, Quednow J, and Sedlak T. (2015). The effects of high intensity interval-based kettlebells and battle rope training on grip strength and body composition in college-aged adults. *Int J Exerc Sci* 8: 124–133.
- Mier, C.M., Feito, Y. (2006). Metabolic cost of stride rate, resistance, and combined use of arms and legs on the elliptical trainer. *Res. Q. Exerc. Sport* 77, 507–513
- Moras, G. (2013). Optimización de la movilidad articular en los deportes colectivos. Máster profesional en alto rendimiento en deportes de equipo. Mastercede. Barcelona.
- Moreside J.M., McGill S.W. (2012). How do elliptical machines differ from walking? A study of torso motion and muscle activity. *Clin Biomech*. 27, 738-743.
- Nazari, G., Macdermid, J. C., Sinden, K., & D'Amico, R. (2020). Prevalence of musculoskeletal symptoms among Canadian firefighters. *Work*, 67(1), 185–191. <https://doi.org/10.3233/WOR-203264>
- Orr, R., Simas, V., Canetti, E., & Schram, B. (2019). A Profile of Injuries Sustained by Firefighters: A Critical Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2019, Vol. 16, Page 3931, 16(20), 3931. <https://doi.org/10.3390/IJERPH16203931>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372. <https://doi.org/10.1136/BMJ.N71>
- Rafaelle do Carmo Santos Marques, C., da Conceição Cavalcanti de Lira, M., José dos Santos Júnior, B., Lopes Cruz, S., Rafaela Dornelas de Andrade Lima, B., Cavalcante da Silva, G., & Vitoria de Santo Antão, E. (2014). Master in Human Health and the J Nurs UFPE on line. *J Nurs UFPE on Line*, 8(7), 3082–3091. <https://doi.org/10.5205/reuol.5960-55386-1-ED.0809201416>
- Sahrman, S. (2011). Movement system impairment syndromes of the extremities, cervical and thoracic spines. Elsevier.
- Simeonov, P., Hsiao, H., Armstrong, T., Fu, Q., Woolley, C., & Kau, T. Y. (2020). Effects of Aerial Ladder Rung Spacing on Firefighter Climbing Biomechanics. *Applied Ergonomics*, 82, 102911. <https://doi.org/10.1016/J.APERGO.2019.102911>

- Soteriades, E. S., Psalta, L., Leka, S., & Spanoudis, G. (2019). Occupational stress and musculoskeletal symptoms in firefighters. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 32(3), 341–352. <https://doi.org/10.13075/IJOMEH.1896.01268>
- Szubert, Z., & Sobala, W. (2002). Work-related injuries among firefighters: sites and circumstances of their occurrence. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 15(5), 49–55.
- Williams, B. Kraemer, R. (2015). Comparison of cardiorespiratory and metabolic responses in kettlebell High-Intensity Interval Training versus Sprint Interval Cycling. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 29(12):3317-25. doi: 10.1519/JSC.0000000000001193.
- Xu, Y., Lavender, S. A., & Sommerich, C. M. (2021). The efficacy of a lifting strap as an ergonomic intervention for EMS providers: Does it make it easier to raise a supine patient to an upright sitting posture? *Applied Ergonomics*, 94, 103416. <https://doi.org/10.1016/J.APERGO.2021.103416>
- Yang, L., Kang, B., Wang, T., & Zhao, T. (2014). An Ergonomic Study of Firefighters' Postural Comfort Evaluation Based on EMG Method. <https://doi.org/10.1177/1541931214581481>
- Yunus, M. N. H., Jaafar, M. H., Mohamed, A. S. A., Azraai, N. Z., Amil, N., & Zein, R. M. (2022). Biomechanics Analysis of the Firefighters' Thorax Movement on Personal Protective Equipment during Lifting Task Using Inertial Measurement Unit Motion Capture. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(21), 14232. <https://doi.org/10.3390/IJERPH192114232/S1>
- Zintl, F. (1991). Entrenamiento de la resistencia. Ed. Martínez Roca.