



Junta de Andalucía
Consejería de Educación y Deporte

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

<https://www.juntadeandalucia.es/deporte/ramd/>



Original



Evaluación de la respuesta aguda sobre distintas variables mecánicas, fisiológicas y metabólicas tras un ejercicio de subida de escaleras con equipo específico en bomberos profesionales

E. López-Sánchez^a, M. Sánchez-Moreno^{b*}, B. Bachero-Mena^c

^a Departamento de Extinción de Incendios y Salvamento, Ayuntamiento de Sevilla.

^b Departamento de Educación Física y Deporte, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Sevilla.

^c Departamento de Motricidad Humana y Rendimiento Deportivo, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Sevilla.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO: Recibido el 1 de abril de 2022, aceptado el 18 de agosto de 2022, online el 18 de agosto de 2022

RESUMEN

Objetivo: Analizar las respuestas agudas de una prueba de subida de escaleras con equipo específico sobre distintas variables mecánicas, metabólicas y fisiológicas en un grupo de bomberos profesionales.

Método: 34 bomberos (Edad: 42.7 ± 8.2 años; Peso: 76.16 ± 6.70 kg; Estatura: 177 ± 5 cm) realizaron una prueba de subida de una escalera de seis plantas con equipo específico a la máxima velocidad. Antes y después de dicha prueba, se evaluó su capacidad de salto vertical (CMJ) y la fuerza muscular de las piernas en el ejercicio de sentadilla completa con una carga similar a la carga del equipo específico (35 kg, VMP35kg); se analizaron también diferentes variables fisiológicas (saturación de oxígeno [O₂] y frecuencia cardiaca [FC]) y metabólicas (lactato en sangre [La]). Los participantes se agruparon en 3 rangos de edad (G1: 26-35 años; G2: 36-45 años; G3: ≥ 46 años).

Resultados: Se observó una pérdida significativa (p < 0.001) en la capacidad de salto CMJ y en la VMP35kg tras la prueba de subida de escaleras, junto con un aumento significativo (p < 0.001) en [La] y en la FC. Entre grupos de edad, se hallaron diferencias significativas (p < 0.05) en el salto CMJ y en la VMP de la sentadilla con 35 kg en los G1 y G2 con respecto al G3, siempre a favor de los grupos de menos edad.

Conclusiones: El ejercicio de subida de escaleras con el equipo específico produjo una disminución significativa del rendimiento en la fuerza muscular de las piernas, así como un aumento significativo en las variables fisiológicas y metabólicas de FC y La, y una disminución significativa en la saturación de O₂, indicando que este tipo de esfuerzo produce una fatiga elevada.

Palabras clave: Bomberos; Fuerza muscular; Subida de escaleras; Capacidad anaeróbica; Salto vertical.

Evaluation of the acute response on different mechanical, physiological and metabolic variables after a stair-climbing exercise with specific gear in professional firefighters

ABSTRACT

Objective: To analyse the acute response on different mechanical, physiological and metabolic variables after a stair-climbing exercise with specific gear in professional firefighters.

Method: 34 professional firefighters (Age: 42.7 ± 8.2 years; Weight: 76.16 ± 6.70 kg; Height: 177 ± 5 cm) performed a stair-climbing exercise over 6 floors with specific gear at maximum speed. Before and after this exercise, different mechanical variables: vertical jump capacity (CMJ) and lower limb strength in full squat exercise with a load equivalent to that of the specific gear (35 kg, VMP35kg); and physiological and metabolic variables: oxygen saturation [O₂], heart rate [FC] and lactate [La] were analysed. Participants were also grouped by age ranges (G1: 26-35 years; G2: 36-45 years; G3: ≥ 46 years).

Results: A significant decrease (p < 0.001) in vertical jump capacity and lower limb strength in full squat after the stair-climbing exercise was observed. In addition, a significant increase (p < 0.001) in lactate and heart rate was also observed. When analysing by age ranges, significant differences (p < 0.05) in vertical jump and squat exercise with 35kg were observed in G1 and G2 with respect to G3, always in favor of the younger age group.

Conclusions: The stair-climbing exercise with specific gear showed a significant decrease in lower limb strength performance, as well as a significant increase in heart rate and lactate variables, and a significant decrease in oxygen saturation. These results indicate that this type of effort induces high levels of fatigue.

Keywords: Firefighters; Muscle strength; Stair-climbing; Anaerobic capacity; Vertical jump.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: msmoreno@us.es (M. Sánchez-Moreno).

<https://doi.org/10.33155/j.ramd.2022.08.003>

e-ISSN: 2172-5063/ © 2022 Consejería de Educación y Deporte de la Junta de Andalucía. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Avaliação da resposta aguda em diferentes variáveis mecânicas, fisiológicas e metabólicas após um exercício de subida de escada com equipamentos específicos em bombeiros profissionais

RESUMO

Objetivo: Analisar as respostas agudas de um teste de subida de escada com equipamento específico sobre diferentes variáveis mecânicas, metabólicas e fisiológicas em um grupo de bombeiros profissionais.

Método: 34 bombeiros (Idade: 42.7 ± 8.2 anos; Peso: 76.16 ± 6.70 kg; Altura: 177 ± 5 cm) realizaram um teste de subida de escada de seis andares com equipamento específico em velocidade máxima. Antes e após tal teste, foram avaliadas a capacidade de salto vertical (CMJ) e força muscular da perna no exercício de agachamento completo com carga semelhante à carga do equipamento específico (35kg, VMP35kg); Diferentes variáveis fisiológicas (saturação de oxigênio [O₂] e frequência cardíaca [FC]) e metabólicas (lactato sanguíneo [La]) também foram analisadas. Os participantes foram agrupados em 3 faixas etárias (G1: 26-35 anos; G2: 36-45 anos; G3: ≥ 46 anos).

Resultados: Foi observada uma perda significativa ($p < 0,001$) na capacidade de salto do CMJ e VMP35kg após o teste de subir escadas, juntamente com um aumento significativo ($p < 0,001$) na [La] e na FC. Entre as faixas etárias, foram encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$) no salto CMJ e no agachamento VMP de 35kg no G1 e G2 em relação ao G3, sempre a favor das faixas etárias mais jovens.

Conclusões: O exercício de subir escadas com o equipamento específico produziu uma diminuição significativa do desempenho na força muscular das pernas, assim como um aumento significativo nas variáveis fisiológicas e metabólicas de FC e La, e uma diminuição significativa na saturação de O₂, indicando que este tipo de esforço produz alta fadiga.

Palavras-chave: Bombeiros; Força muscular; Subir escadas; Capacidade anaeróbica; Salto vertical.

Introducción

La profesión del bombero, en situaciones de emergencia, supone la realización de una serie de tareas que requieren unos esfuerzos de elevada exigencia física y mental. Algunas de estas tareas son: subir escaleras, arrastrar mangueras y entradas forzadas mientras usan equipos de protección personal y aparatos de respiración autónomo que pesan entre 22 y 37 kg en entornos peligrosos¹. También tareas como realizar rescates de víctimas y ofrecer atención médica de emergencia, ventilar compartimentos inundados de humo y salvar el contenido del edificio forman parte del trabajo de estos profesionales².

El trabajo del bombero en general, y la lucha contra incendios en particular, es una ocupación extenuante que requiere niveles óptimos de condición física³, entre los que se han descrito altos niveles de capacidad aeróbica, anaeróbica, fuerza y resistencia muscular⁴. Las aptitudes físicas para el desempeño del trabajo del bombero se manifiestan en todas las actuaciones de emergencia que se realizan a diario, realizando intervenciones que suponen esfuerzos exigentes y que provocan elevados niveles de fatiga, que podrían comprometer la propia actuación. Por esta razón, el entrenamiento físico de estos profesionales se convierte en un aspecto muy importante para el desempeño óptimo de las funciones profesionales. Además, también se ha observado que un bombero con una formación y condición física adecuada podrá prevenir lesiones y una posible muerte prematura por problemas cardíacos derivados de su trabajo⁵.

De entre todas las tareas anteriormente descritas, el ejercicio de subir escaleras es una práctica mayoritariamente habitual en los servicios de bomberos durante sus intervenciones en siniestros. Además, esta tarea de subir escaleras con el equipo específico se ha mostrado como una de las tareas más exigentes y críticas que desempeñan los bomberos durante su profesión⁶. En este sentido, se ha observado mediante el estudio con técnicas de ultrasonido que, el tamaño de los músculos y la calidad de la musculatura del cuádriceps son contribuyentes importantes para el rendimiento en este ejercicio en bomberos profesionales⁷.

Si bien es cierto que, el entrenamiento de reclutas y aspirantes consiste en la mejora de la forma física mediante la mejora de la aptitud cardiorrespiratoria, fuerza y resistencia, e indirectamente, la mejora de la composición corporal, se ha demostrado que una vez que los bomberos ingresan en el cuerpo, estos estándares y niveles de forma física tiende a disminuir⁸. Por lo que resulta evidente que estos profesionales deberán tener una condición física suficiente para poder realizar todas las tareas de la forma más eficaz posible en la propia intervención. Por ello, se pone de manifiesto la necesidad de conocer las adaptaciones fisiológicas

que tienen este tipo de tareas, así como de seguir estudiando las relaciones existentes entre el rendimiento en las tareas específicas y los indicadores de fuerza muscular. Por tanto, el objetivo de este estudio fue analizar los efectos agudos de una prueba de subida de escaleras con equipo específico sobre distintas variables mecánicas, metabólicas y fisiológicas en un grupo de bomberos profesionales.

Método

Muestra

Se seleccionaron a 34 bomberos profesionales, varones aparentemente sanos y físicamente activos con una edad promedio de 42.7 ± 8.2 años, con un peso corporal de 76.16 ± 6.70 kg y una estatura de 177 ± 5 cm. Para la realización de análisis secundarios, la muestra fue distribuida en tres tramos de edad (G1: de 26 a 35 años; G2: de 36 a 45 años; G3: ≥ 46 años). Todos confesaron realizar actividad física regularmente al menos 3 veces por semana. La mayoría realizaba entrenamientos de tipo actividad física y salud combinando entrenamientos de resistencia cardiorrespiratoria y ejercicios de fuerza en gimnasio. Los sujetos fueron informados previamente de las posibles contraindicaciones de cada prueba. Para ello firmaron el pertinente consentimiento informado. La junta de revisión ética de la universidad local otorgó aprobación ética para el presente estudio.

Diseño del estudio y procedimiento

Se trata de un estudio descriptivo que se llevó a cabo en una sesión de evaluación, la cual consistió en realizar una subida de escaleras (de una altura equivalente a 6 plantas) portando el equipo específico y el equipo respiratorio (35 kg de peso aproximadamente). Se pidió a los participantes que no realizaran ningún ejercicio físico intenso al menos 1 día antes de la sesión de evaluación. Todas las evaluaciones tuvieron lugar en el Parque Central de Bomberos del Excelentísimo Ayuntamiento de Sevilla y fueron llevadas a cabo por personal cualificado. Antes de realizar el protocolo de subida de escaleras con el equipo específico profesional, los participantes realizaron un calentamiento general durante 10 minutos, el cual consistió en 5 minutos de carrera continua y 5 minutos de ejercicios de movilidad articular general.

Variables objeto de estudio

- Variables metabólicas y fisiológicas: Antes y después de realizar el protocolo de subida de escaleras con el equipo

- específico se tomaron los valores correspondientes a la saturación de oxígeno (O₂), frecuencia cardiaca (FC) y lactato en sangre (La). Los datos iniciales se tomaron estando el sujeto en reposo durante 5 minutos sentado en el habitáculo de transporte de una ambulancia. Se volvió a tomar dichas muestras a los 3 minutos tras la realización de la prueba de subida de escaleras. Para la medida de la saturación de oxígeno y la frecuencia cardiaca se utilizó el pulsioxímetro de un desfibrilador/monitor de la marca Medtronic modelo Lifepack 12 colocándolo en el segundo dedo de la mano derecha del sujeto. Previamente se limpio y secó el dedo con un algodón impregnado en alcohol. Las pulsaciones se registraron en pulsos por minutos (ppm) y la saturación de oxígeno en porcentaje (%).
- Para la medición del lactato en sangre se utilizó un dispositivo medidor de lactato Lactate Pro™ 2 junto a las tiras reactivas Lactate Pro™ 2 Test Strip. El procedimiento para la recogida de las muestras de sangre total capilar mediante punción fue el recomendado por el fabricante. Se introdujo una tira reactiva en el dispositivo de medición. Se desinfectó el área de punción en la yema del segundo dedo de la mano izquierda con discos de algodón impregnados en alcohol 96° y se dejó secar durante unos pocos segundos para evitar la hemólisis. La punción se realizó con una lanceta de la marca Accu-Chek modelo Safe-T-ProUno con una aguja de 0,36 mm de diámetro y profundidad de punción 1.5 mm. Se presionó ligeramente alrededor del área para obtener una gota de sangre. Esta primera gota se desechó y se volvió a limpiar la zona con un algodón seco. Se presionó de nuevo el dedo y se recogió la muestra de una nueva gota de sangre colocando la punta de la tira reactiva a 90°. Para que la lectura fuera fiable, la ventana de confirmación debía estar completa de sangre. Los datos se registraron en milimoles por litro (mmol/L).
 - Evaluación del salto vertical: Para evaluar la altura del salto vertical CMJ se utilizó un sistema de infrarrojos Optogait (Microgate, Bolzano, Italia), el cual permite la medición de los tiempos de vuelo y de contacto durante el salto. La altura del salto (h) se obtuvo a través de la fórmula: $h = t^2 * g / 8$, donde t es el tiempo en segundos y g es la aceleración de la gravedad. Tras el calentamiento general, los sujetos realizaron un calentamiento específico para el salto que consistió en 2 series de 10 sentadillas profundas sin peso adicional recuperando 1 minuto entre cada serie, 5 saltos CMJ de menor a mayor intensidad con recuperación de 10 segundos y 3 saltos de aproximación a máxima intensidad con recuperación de 1 minuto. El sujeto ejecutó 5 saltos CMJ recuperando 10 segundos entre cada salto. Se desecharon el mejor y el peor salto y se registraron los 3 valores intermedios. Esta prueba se realizó antes y después del protocolo de subida de escaleras. La evaluación posterior a la subida de escaleras se realizó a los 2 minutos desde la bajada y los sujetos efectuaron esta vez 2 saltos con 10 segundos de descanso entre cada uno.
 - Evaluación en el ejercicio de sentadilla completa: Para evaluar la fuerza muscular del tren inferior se midió la velocidad media propulsiva (VMP) de la fase concéntrica en el ejercicio de sentadilla profunda con una carga de 35 kg (VMP35kg), equivalente a la carga el equipo específico que deben de llevar estos profesionales durante las intervenciones. Para ello se utilizó una máquina Smith y un encoder lineal (T-Force System, Ergotech, Murcia, España), con muestreo de velocidad instantánea a 1000 Hz. Los participantes ejecutaron 2 series de 5 repeticiones de calentamiento y aproximación al ejercicio. El sujeto colocó la barra en la parte posterior de su espalda a la altura del acromion. Desde la posición erguida, con caderas y rodillas totalmente extendidas realizó una flexión profunda de rodillas hasta que la cadera descendió por el plano de éstas. Acto seguido, ascendió a la máxima velocidad para volver a la posición inicial. La evaluación se efectuó mediante la realización de 2 series de 5 repeticiones con 35 kg a la máxima

velocidad posible y recuperando 2 minutos entre series. Se registraron las 3 mejores velocidades medias propulsivas y se calculó la media para los análisis posteriores. Esta evaluación se realizó antes del protocolo de subida de escaleras y tras 4 minutos del ejercicio de escaleras, en la que se realizó solo una serie de 3 repeticiones.

- Prueba de subida de escaleras con equipo específico: La prueba se realizó en un edificio con una escalera equivalente a una altura de 6 plantas (88 escalones sin descansillos) portando el equipo específico y el equipo respiratorio (35 kg aproximadamente). Los participantes realizaron la ascensión a máxima velocidad posible sin sujetarse a la barandilla. La bajada fue a una velocidad moderada, siendo de un tiempo promedio de 1 minuto. Los tiempos de subida se registraron utilizando células fotoeléctricas (Witty, Microgate, Italia) colocadas al inicio y al final de la escalera.

Análisis estadístico

Los datos se proporcionan como medias \pm desviación típica (dt). El análisis estadístico para realizar la comparación de medias de las distintas variables evaluadas tras el protocolo de subida de escaleras fue mediante Prueba-T Student para muestras relacionadas y un análisis de medias repetidas (ANOVA) con ajuste post-hoc de Bonferroni para comparar las diferencias entre los distintos grupos de edad propuestos. La significación se estableció al 5%. Los análisis se llevaron a cabo con el paquete estadístico IBM SPSS para Macintosh (versión 20.0).

Resultados

El tiempo medio de ascensión en la prueba de subida en escalera fue de 30.38 ± 5.75 s. En la [Tabla 1](#) se puede observar que existen diferencias significativas con respecto a los valores iniciales ($p \leq 0.001$) en las variables analizadas de frecuencia cardiaca, lactato en sangre, salto CMJ y VMP35kg tras realizar la prueba de subida de escaleras, así como en la saturación de oxígeno ($p = 0.03$). Los resultados indican que se produjo un aumento considerable en la frecuencia cardiaca, así como de la concentración de lactato en sangre tras el esfuerzo realizado, y una ligera disminución en la saturación de oxígeno. En cuanto a los indicadores de rendimiento de la fuerza muscular de las piernas (CMJ y VMP35kg) se produjo un marcado deterioro de estos tras la subida de escaleras.

Tabla 1. Diferencias en las variables fisiológicas, metabólicas y mecánicas analizadas (media \pm dt) (n = 34).

Variable	Inicial	Final	p	%cambio
FC (ppm)	63 \pm 11	113 \pm 22***	≤ 0.001	78.4
O ₂ (%)	98 \pm 2	97 \pm 2*	0.031	-7.2
La (mmol/L)	1.8 \pm 0.7	12.7 \pm 3.5***	≤ 0.001	605.6
CMJ (cm)	34.6 \pm 7.7	31.0 \pm 7.3***	≤ 0.001	-10.4
VMP35kg (m/s)	1.19 \pm 0.22	1.13 \pm 0.22***	≤ 0.001	-5.0

Inicial: evaluaciones previas a la subida de escalera. Final: evaluaciones posteriores a la subida de escalera. FC: frecuencia cardiaca; O₂: saturación de oxígeno; La: Concentración capilar de lactato; CMJ: salto vertical con contramovimiento; VMP35kg: velocidad media propulsiva en el ejercicio de sentadillas con 35kg; p: valor p; %cambio: porcentaje de cambio entre los valores iniciales y finales. *Diferencia significativa $p \leq 0,05$; ***Diferencia significativa $p \leq 0,001$ con respecto a las evaluaciones iniciales.

En la [Tabla 2](#) se muestran las diferencias entre los valores iniciales y finales tras la subida de escaleras en las distintas variables fisiológicas, metabólicas y mecánicas analizadas en la muestra de bomberos dividida por grupos de edad (G1 = 33.8 \pm 1.6 años; G2 = 39.6 \pm 2.1 años; G3 = 52.2 \pm 2.7 años). El comportamiento de la respuesta de las distintas variables analizadas cuando se divide la muestra por grupos de edad es similar a la del grupo en su conjunto, con la diferencia de que la saturación de oxígeno no presenta una disminución significativa para ninguno de los grupos, y de que la disminución de la

Tabla 2. Diferencias en las variables fisiológicas, metabólicas y mecánicas analizadas, y diferencias en los niveles de rendimiento por grupos de edad (media±dt).

Variable	G1 (n = 10)			G2 (n = 11)			G3 (n = 13)		
	Inicial	Final	p	Inicial	Final	p	Inicial	Final	p
FC (ppm)	58 ± 11	109 ± 27†	≤ 0.001	64 ± 9	124 ± 18†	≤ 0.001	66 ± 13	107 ± 18†	≤ 0.001
O ₂ (%)	99.3 ± 0.8	98.0 ± 0.8	0.179	97.2 ± 2.6	96.8 ± 1.3	0.235	97.9 ± 2.5	96.9 ± 3.6	0.237
La (mmol/L)	2.0 ± 1.1	12.1 ± 5.2†	≤ 0.001	1.8 ± 0.4	14.3 ± 2.6†	≤ 0.001	1.7 ± 0.4	11.9 ± 1.8†	≤ 0.001
CMJ (cm)	35.8 ± 3.5*	33.2 ± 4.0†	≤ 0.001	40.0 ± 6.7***	34.8 ± 7.4†	≤ 0.001	29.0 ± 7.3	26.0 ± 6.7†	≤ 0.001
VMP35kg (m/s)	1.21 ± 0.17	1.18 ± 0.17	0.120	1.30 ± 0.24*	1.19 ± 0.23†	≤ 0.001	1.07 ± 0.21	1.03 ± 0.22†	0.014

Inicial: evaluaciones previas a la subida de escalera; Final: evaluaciones posteriores a la subida de escalera.

G1: 26 - 35 años; G2: 36 - 45 años; y G3: ≥ 46 años.

FC: frecuencia cardíaca; O₂: saturación de oxígeno; La: Concentración capilar de lactato; CMJ: salto vertical con contramovimiento; VMP35kg: velocidad media propulsiva en el ejercicio de sentadillas con 35kg; p: valor p.

†Diferencias significativas con respecto a los valores iniciales; *Diferencia significativa p ≤ 0.05 con respecto a G3; **Diferencia significativa p ≤ 0.01 con respecto a G3;

***Diferencia significativa p ≤ 0.001 con respecto a G3.

VMP35kg en el ejercicio de sentadilla tras la subida de escaleras no fue significativa en el G1 (grupo de edad más joven).

Del mismo modo, se analizaron las diferencias que existen en los valores de rendimiento (evaluación inicial) de las distintas variables por grupo de edad. Únicamente se observaron diferencias significativas entre grupos de edad en los valores iniciales de rendimiento en el salto vertical CMJ, tanto del G1 con respecto al G3 (p ≤ 0.05), a favor del G1, como entre el G2 y el G3 (p ≤ 0.001), a favor también del G2. Por último, se observó una diferencia significativa (p < 0.05) en el G2 con respecto al G3 en la VMP35kg en el ejercicio de sentadilla, a favor del G2. En el resto de las variables analizadas no se encontraron diferencias significativas entre grupos de edad.

Discusión

El análisis de los efectos agudos provocados en las distintas variables fisiológicas, metabólicas y mecánicas analizadas tras el ejercicio de subida de una escalera de 6 plantas con equipo específico y equipo respiratorio en un grupo de bomberos profesionales demostró una disminución significativa del rendimiento en la fuerza muscular de las piernas, así como un aumento significativo en las variables fisiológicas y metabólicas de FC y La, y una disminución significativa en la saturación de O₂, indicando que se produjo una fatiga importante tras la realización de dicho esfuerzo.

En cuanto a las variables fisiológicas analizadas, en nuestro estudio encontramos que se produjo un aumento significativo de los valores de lactato en sangre (p < 0.001) con valores finales medios de 12.7 mmol/L (Tabla 1). Esto nos hace suponer que este esfuerzo de subida de escaleras produjo unos niveles elevados de fatiga muscular, sugiriendo también que este tipo de esfuerzos depende en gran parte de la glucólisis anaeróbica. En otros estudios también se han encontrado valores finales de lactato similares (6-13 mmol/L) tras la realización de tareas simuladas de extinción de incendios^{4,9-10}, habiéndose descrito la profesión de la lucha contra incendios como una actividad intermitente y no constante⁵. Por otro lado, la respuesta de la FC indica que se produjo un aumento significativo de los valores de esta variable tras el esfuerzo de subida de escaleras. En esta línea, otros autores han encontrado que la intensidad de las actividades de extinción conduce a frecuencias cardíacas casi máximas que pueden permanecer elevadas durante más tiempo⁴. Aunque en nuestro estudio estas frecuencias cardíacas no fueron tan elevadas (media de 113 ppm), esto puede explicarse porque la medición post se realizó a los 3 minutos tras la finalización de la prueba de subida de escaleras, lo cual supone un tiempo suficientemente amplio como para que la FC disminuyera a dichos valores. No obstante, debido al carácter máximo de dicha prueba de subida a escaleras, cabe suponer que la FC post ejercicio inmediata sí fue máxima o casi máxima.

En cuanto a las variables mecánicas analizadas, los resultados de este estudio indican que se produjo una disminución importante de la fuerza muscular de las piernas, medida a través de la capacidad de salto vertical en el CMJ y la VMP en el ejercicio

de sentadilla con una carga de 35kg (Tabla 1). Las disminuciones del rendimiento en estas variables tuvieron una significación muy alta (p < 0.001) y los porcentajes de cambio fueron del -10.4% para el salto CMJ y del -5.0% para la VMP35kg en la sentadilla. Previamente se ha descrito la fuerza muscular como un factor determinante a la hora de realizar tareas individuales de extinción de incendios, entre las que destacan el transporte de material pesado (mangueras, equipos específicos de actuación) o el transporte de víctimas⁶⁻¹¹. Es por ello por lo que poseer unos valores elevados de fuerza muscular, tanto de miembros superiores como inferiores, es fundamental para el óptimo desarrollo de estos profesionales⁹. Otros autores han propuesto también diversas pruebas de campo válidas para la predicción de la capacidad de fuerza en las tareas de trabajo de extinción de incendios; entre ellas la fuerza máxima y resistencia de agarre, resistencia en el ejercicio de press de banca y hombros, y salto amplio de pie, y las han considerado de gran utilidad en lugar de pruebas de laboratorio más costosas y elaboradas¹².

Por otro lado, en una revisión sistemática sobre el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) en bomberos¹³, se encontraron valores de VO_{2max} por encima de los 43 ml/kg/min en estos profesionales, considerando este valor como el mínimo para poseer una buena capacidad aeróbica. Aunque en nuestro estudio no evaluamos la capacidad aeróbica directamente, sí que podríamos considerar que aquellos profesionales que poseen una menor disminución de los parámetros de rendimiento, así como un menor aumento de los parámetros de fatiga muscular tras el esfuerzo de subida de escaleras, podrían tener una mayor capacidad aeróbica y de recuperación. En este sentido, Lyons et al.¹⁴ encontraron que poseer una buena composición corporal, así como una buena capacidad aeróbica, tiene una influencia positiva en las demandas metabólicas relativas a la hora de realizar tareas que implican el transporte de cargas pesadas¹⁴. Aunque hay que tener en cuenta que la capacidad aeróbica no es el único factor determinante en este tipo de tareas, y que el hecho de que estos profesionales tengan que realizar casi la totalidad de las tareas llevando ropa y equipos específicos (entre ellos el respiratorio) que suponen un peso adicional importante (cerca de 35 kg), hace pensar que la fuerza muscular y la capacidad anaeróbica van a ser factores muy determinantes.

Cuando se analizaron las diferencias que existen en los valores de rendimiento de las distintas variables por grupos de edad, se observaron diferencias significativas entre los distintos grupos de edad en los valores iniciales de rendimiento en el salto vertical CMJ y en la VMP en el ejercicio de sentadilla con 35 kg, siempre a favor del grupo más joven de edad (Tabla 2). En el resto de las variables analizadas no se encontraron diferencias significativas entre grupos de edad. En un estudio se analizó la forma física de los bomberos según la edad¹⁵, y se observó que los bomberos con menos años de experiencia mostraron mayor rendimiento en la mayoría de las variables analizadas de condición física, sin embargo, presentaban valores de composición corporal (IMC) similares a los más experimentados.

En conclusión, el ejercicio de subida de escaleras con el equipo específico en una muestra de bomberos produjo una disminución

significativa del rendimiento en la fuerza muscular de las piernas, así como un aumento significativo en las variables fisiológicas y metabólicas de FC y La, y una disminución significativa en la saturación de O₂, indicando que este tipo de esfuerzo, tarea habitual en el desempeño profesional de esta población, produce unos niveles de fatiga elevados. Por tanto, esto pone de manifiesto la necesidad de promover entrenamientos de la condición física de manera estructurada y regulada con la intención de desarrollar una adecuada forma física entre estos profesionales que facilite su labor profesional. Por último, futuras líneas de investigación en relación con el análisis de las adaptaciones fisiológicas que tienen este tipo de tareas, así como el estudio de las relaciones existentes entre el rendimiento en las tareas específicas y los diferentes indicadores de condición física se hacen necesarias para seguir avanzando en la mejora y desarrollo óptimo de la condición física en estos profesionales.

Este estudio presenta una serie de limitaciones. En primer lugar, solo se han incluido ejercicios que involucran a los miembros inferiores, por lo que podría ser de gran utilidad práctica incluir otros ejercicios que involucren el tronco tales como el empuje de cadera o el peso muerto, ya que estos profesionales deben llevar equipos específicos situados en dicha región. En segundo lugar, debido a que las evaluaciones fueron realizadas en las instalaciones del Parque Central de Bomberos del Excelentísimo Ayuntamiento de Sevilla, no se pudieron llevar a cabo acciones relacionadas con la determinación de las condiciones ambientales (temperatura y humedad). Además, futuras investigaciones podrían extender los análisis a población femenina y al estudio de la influencia de las altas temperaturas sobre la respuesta aguda ante este tipo de esfuerzo.

Autoría. Todos los autores han contribuido intelectualmente en el desarrollo del trabajo, asumen la responsabilidad de los contenidos y, asimismo, están de acuerdo con la versión definitiva del artículo. **Financiación.** Los autores declaran no haber recibido financiación. **Agradecimientos.** Los autores agradecen las facilidades ofrecidas por el Servicio de Prevención, Extinción de Incendios y Salvamento del Excelentísimo Ayuntamiento de Sevilla con mención especial a su Sección Sanitaria. **Conflicto de intereses.** Los autores declaran no tener conflicto de intereses. **Origen y revisión.** No se ha realizado por encargo, la revisión ha sido externa y por pares. **Responsabilidades éticas.** Protección de personas y animales: Los autores declaran que los procedimientos seguidos están conforme a las normas éticas de la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki. Confidencialidad: Los autores declaran que han seguido los protocolos establecidos por sus respectivos centros para acceder a los datos de las historias clínicas para poder realizar este tipo de publicación con el objeto de realizar una investigación/divulgación para la comunidad. Privacidad: Los autores declaran que no aparecen datos de los pacientes en este artículo.

Bibliografía

1. [Michaelides MA, Parpa KM, Henry LJ, Thompson GB, Brown BS. Assessment of physical fitness aspects and their relationship to firefighters' job abilities. J Strength Cond Res. 2001;25\(4\):956-965.](#)
2. [Kolkhorst KL. Metabolic demands of simulated firefighting tasks. Ergonomics. 2008;51\(9\):9,1418-1425.](#)
3. [Dennison KJ, Mullineaux DR, Yates JW, Abel MG. The effect of fatigue and training status on firefighter performance. J Strength Cond Res. 2012;26\(4\):1101-1109.](#)
4. [Smith DL. Firefighter fitness: improving performance and preventing injuries and fatalities. Curr Sports Med Rep. 2011;10\(3\):167-172.](#)
5. [Sheaff AK, Bennett A, Hanson ED, Kim Y, Hsu J, Shim JK, et al. Physiological Determinants of the Candidate Physical Ability Test in Firefighters. J Strength Cond Res. 2010;24\(11\):3112-3122.](#)
6. [Von Heimburg ED, Rasmussen AKR, Medbø J. Physiological responses of firefighters and performance predictors during a simulated rescue of hospital patients. Ergonomics. 2006;49\(2\):111-126.](#)
7. [Kleinberg CR, Ryan ED, Tweedell AJ, Barnette TJ, Wagoner CW. Influence of Lower Extremity Muscle Size and Quality on Stair-Climb Performance in Career Firefighters. J Strength Cond Res. 2016;30\(6\):1613-1618.](#)
8. [Cornell DJ, Gnacinski SL, Meyer BB, Ebersole KT. Changes in Health and Fitness in Firefighter Recruits: An Observational Cohort Study. Med Sci Sports Exerc. 2017;49\(11\):2223-2233.](#)
9. [Barr D, Gregson W, Reilly T. The thermal ergonomics of firefighting reviewed. Appl Ergon. 2010;41\(1\):161-172.](#)
10. [Gledhill N, Jamnik V. Characterization of the physical demands of firefighting. Can J Sport Sci. 1992;17\(3\):207-13.](#)
11. [Rhea M, Alvar B, Gray R. Physical fitness and job performance of firefighters. J Strength Cond Res. 2004;18\(2\):348-352.](#)
12. [Lindberg AS, Oksa J, Antti H. Multivariate Statistical Assessment of Predictors of Firefighters' Muscular and Aerobic Work Capacity. PLOS ONE. 2015;10\(3\):e0118945.](#)
13. [Rojas Quirós J. Consumo máximo de oxígeno \(vo2max\) en bomberos: revisión sistemática de estudios. Mhsalud. 2013;10\(1\):1-13.](#)
14. [Lyons J, Allsopp A, Bilzon J. Influences of body composition upon the relative metabolic and cardiovascular demands of load-carriage. Occup Med \(Lond\). 2005;55\(5\):380-384.](#)
15. [Lara Sánchez A, García Franco J, Torres-Luque G, Zagalaz Sánchez M. Análisis de la condición física en bomberos en función de la edad. Apunts Med Esport. 2013;48\(177\):11-16.](#)