

SUPLEMENTACIÓN CON GLICERINA PARA PREVENIR LA DESHIDRATACIÓN EN TAREAS SIMULADAS DE BOMBEROS

GLYCEROL SUPPLEMENTATION TO PREVENT DEHYDRATION IN SIMULATED FIREMEN TASKS

RESUMEN

Se han estudiado los efectos sobre diversos parámetros hematológicos y de la función renal, de una suplementación con glicerina y una solución hidratante, administrada previamente a la realización de tareas de simulacro de extinción de un fuego forestal en un grupo de once bomberos varones con un buen nivel de forma física. Los sujetos realizaron un primer periodo de hidratación forzada de 180 minutos seguido de un periodo de ejercicio. Durante los primeros 30 minutos de hidratación ingirieron 500 ml de solución hidratante, seguido de cinco tomas de 200 ml cada 30 minutos. Este mismo protocolo lo repitieron dos veces, uno con la solución hidratante que consistió en 1400 ml de agua con 100 g de glicerina para el grupo experimental (GLI) y otro con sólo 1500 ml de agua para el grupo control (CON). Durante la hora posterior a los dos periodos de hidratación, realizaron tres vueltas a un circuito físico-técnico de simulación de extinción de fuego forestal (desplazamiento cargando una mochila, carrera con mangueras, desplegamiento y recogida de mangueras, entre otras tareas) en un ambiente caluroso ($\pm 32^{\circ}\text{C}$ y $\pm 33\%$ de humedad relativa). Las variables controladas fueron peso, diuresis, hematocrito y rendimiento. Resultados: a) el grupo experimental (GLI) tuvo una menor pérdida de peso después del subsiguiente periodo de ejercicio (CON: 2.2 ± 0.8 % kgr, GLI: 1.6 ± 0.6 % kgr; b) La hidratación inducida con glicerina disminuyó muy significativamente la diuresis de los sujetos (CON: 1.5 ± 0.3 L, GLI: 0.85 ± 0.3 L, $p < 0.001$); c) No hubo diferencias significativas en el hematocrito entre las dos situaciones experimentales.

Palabras clave: Hidratación. Glicerina. Bomberos. Deshidratación.

SUMMARY

The effects of glycerol supplementation in an oral hydration solution previous to firemen tasks (forest fire) have been studied in 11 fit firemen over hematologic parameters and renal function. On two occasions, the subjects completed a 180 minutes period of forced hydration followed by an exercise bout. During the first 30 minutes of hydration, subjects ingested 500 ml of hydrating solution followed by five equal ingestions of 200 ml every 30 minutes. Hydrating solution was 1400 ml of water with 100 g of glycerol for the experimental group (GLY) and 1500 ml of water alone for the control group (CON). Before one hour of the end of hydrating period, subjects completed three laps in a circuit-exercise simulating forest fire extinguishing tasks (walking carry on a backpack, running with sleeves, open out and pick up sleeves and other tasks) in a hot environment ($\pm 32^{\circ}\text{C}$ and $\pm 33\%$ relative humidity). The controlled variables were weight, diuresis, hematocrit and performance. Results: a) the experimental group (GLY) lost less body weight during the subsequent exercise bout (CON: 2.2 ± 0.8 % kgr, GLY: 1.6 ± 0.6 % kgr; b) Glycerol-induced hydration very significantly decreased the subjects diuresis (CON: 1.5 ± 0.3 L, GLY: 0.85 ± 0.3 L, $p < 0.001$); c) Hematocrit was not significantly different between two experimental conditions.

Key words: Hydration. Glycerol. Firemen. Dehydration.

Víctor Espinosa¹
Emma Roca²
Franchek Drobnic³
Ramon Prat⁴
Jaume Mirallas³
Joan R. Barbany⁵
¹Parc de Bombers de Sabadell, Barcelona.
²Parc de Bombers de La Seu d'Urgell, Lleida.
³Departament de Fisiologia, CAR de Sant Cugat.
⁴Direcció General d'Emergències i Seguretat Civil, Àrea de Seguretat i Salut Laboral
⁵INEFC i Facultat de Medicina Universitat de Barcelona

CORRESPONDENCIA:

Víctor Espinosa
C/ Sant Adrià, 1-9, esc. 1, 1º 2º, 08030 Barcelona

Aceptado: 16-04-2007 / Original nº 530

INTRODUCCIÓN

Durante el desarrollo de muchas de las tareas de extinción propias de los bomberos uno de los peligros más evidentes es sufrir un cuadro de deshidratación por la pérdida de agua corporal. Esta pérdida provoca un importante descenso del volumen plasmático que conllevará una disminución de la capacidad circulatoria, de refrigeración del organismo y de la tolerancia al trabajo físico¹. La consecuencia es el golpe de calor. Algunos autores han propuesto la glicerina como agente hiperhidratante debido a sus propiedades osmóticas, lo cual conlleva una mayor retención de líquidos en frente de la hidratación con sólo agua²⁻⁷. Otros autores han encontrado también, que una menor pérdida de agua en el ejercicio por la hidratación suplementada con glicerina se refleja en un aumento del tiempo de ejercicio antes de llegar a la fatiga⁸ o incluso en beneficios a nivel cardiovascular^{9,10}. Por el contrario, para otros autores la utilización de glicerina en la hidratación no produce ninguna ventaja metabólica, hormonal, cardiovascular o termoreguladora¹¹⁻¹³.

La finalidad del presente trabajo fue evaluar el efecto de la utilización de la glicerina como suplemento en la hidratación forzada previa a un ejercicio intenso basado en tareas específicas del trabajo de bombero. Para ello se analizaron las modificaciones del peso corporal, en la eliminación de orina y en el hematocrito, así como su repercusión en el rendimiento de los sujetos.

MATERIAL Y MÉTODO

El diseño experimental utilizado fue el de ensayo clínico, cruzado y a doble-ciego. Participaron de manera voluntaria 11 bomberos varones (edad $32,4 \pm 5$ años; altura $176,8 \pm 4$ cm; peso $73,9 \pm 8$ kg; grasa corporal $10,2 \pm 2\%$; Consumo máximo de oxígeno $54,5 \pm 2$ ml.kg⁻¹.min⁻¹) a los que se les exigió que practicaran actividad física regularmente y tuvieran una antigüedad mínima de dos años como bomberos profesionales.

Previamente, a los sujetos seleccionados se les pidió que firmaran un informe de consentimiento para participar en la investigación. El protocolo de intervención fue aprobado por el Comité Ético de Ensayos Clínicos y de Investigación del Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat del Vallés (Barcelona).

Los datos antropométricos básicos, talla y peso, fueron registrados con un tallímetro de pared de precisión de 1mm y balanza de 5g de precisión (Sartorius® EA150-FEG). El porcentaje de grasa y muscular se determinó por la ecuación utilizada por Martin¹⁴ en la que los seis pliegues cutáneos eran tricípital, subescapular, suprailíaco, abdominal, muslo anterior y pierna medial. El consumo máximo de oxígeno se determinó durante una prueba de esfuerzo progresivo máximo en cinta ergonómica (Jaeger® Laufergotest) a una velocidad inicial de 16 Kms/h y pendiente del 0% durante 6 minutos, una vez concluidos el deportista reposaba durante otros tres minutos y reanudaba posteriormente la carrera a una velocidad con un incremento de un Km/h otros 6 minutos, así hasta alcanzar un lactato cercano a 4 o bien un cociente respiratorio de 1. En ese punto cambiaba la progresión del test y la velocidad de carrera se mantenía, se consideraba velocidad de umbral en cinta y a partir de ahí se incrementaba cada minuto la pendiente un 1% hasta alcanzar el esfuerzo máximo sostenible (descenso o estabilización del consumo de oxígeno durante más de dos minutos o paro voluntario por extenuación)¹⁵. La prueba se realizó mediante calorimetría indirecta (Jaeger® Oxyconchampion) monitorizando al individuo su ECG y TA. La toma de muestras de lactato por micrométodo se hizo mediante un sistema de referencia estándar (Dr. Lange GMBH Alemania®)¹⁶. Se les dió instrucciones para que se abstuvieran de tomar alcohol, cafeína y limitaran su ejercicio físico durante las 48 h anteriores a cada prueba. También se les exigió que ingirieran al menos 2 L de agua durante las 24 h anteriores, 500 ml dentro de las 4 h anteriores. Y siguieron una dieta las 24 h previas, que garantizaba el aporte energético necesario para la realización de las pruebas de ejercicio (60% carbohidratos, 15% proteínas, 15% lípidos) y homogeneizaba las condiciones del grupo.

Pasados cuatro días de la realización de la prueba de esfuerzo se realizó la primera sesión con el periodo de hiperhidratación y la subsiguiente prueba de ejercicio post-hidratación. Después de una semana se repitió la sesión cruzando los grupos glicerina (GLI) y control (CON) de manera aleatoria, siempre siguiendo el orden establecido (aleatoriamente) al inicio del estudio.

La hidratación se realizó durante 180 minutos en el laboratorio mantenido a una temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ y una humedad relativa de $50 \pm 7\%$. Durante este tiempo el grupo experimental ingirió un volumen total de 1500 ml de agua mezclada con 100 g de glicerina y el grupo control de agua sola. A ambas soluciones se les añadió un preparado comercial (Recuperat-ion) de 14.4 g de hidratos de carbono y sales minerales para garantizar la solubilidad y enmascarar el gusto de glicerina. En los primeros 30 minutos los sujetos ingirieron 500 ml de la solución hidratante y el resto en cinco volúmenes iguales de 200 ml cada media hora. Los individuos fueron pesados desnudos al inicio y al final de la hidratación, se recogió la orina durante ese periodo (3 h) en envases de recogida de orina de 24 h y se obtuvo una muestra de sangre de 2 ml para evaluar el hematocrito mediante centrifugación en el laboratorio (marca de centrifuga: Centronic JP Selecta, Bcn). Se monitorizó la tensión arterial.

Durante la hora posterior al periodo de hidratación se realizó una prueba adaptada a la tarea del bombero en ambiente caluroso ($\pm 32^\circ\text{C}$ y $\pm 33\%$ de humedad relativa). El ejercicio consistió en completar tres vueltas a un circuito reproducción-simulación de las tareas de extinción forestal. En éste circuito tenían que: caminar 3 km en desnivel cargando una mochila forestal (± 22 kg); caminar rápido 400 m con dos mangueras; desplegar una manguera; estirla 50 m; recogerla; esprintar 50 m. A la finalización de cada una de las vueltas (de 16 minutos aproximadamente) se les tomó una muestra de lactato y la temperatura cutánea y timpánica, debiendo reanudar la prueba al minuto de haberse detenido. Durante este periodo no se rehidrataron ni orinaron. Al finalizar el ejercicio se tomaron de nuevo las medidas previas a la prueba en este orden: peso, ori-

na y hematocrito; solo permitiéndoles orinar una vez más con anterioridad a la toma de muestras. En todo momento se controló y registró la frecuencia cardiaca mediante un pulsómetro Polar Xtrainer plus. Y el tiempo total y los parciales de cada vuelta fue cronometrado (Casio HS 30W). Lactato, frecuencia cardiaca y tiempos totales y parciales fueron los parámetros utilizados para valorar el rendimiento de los sujetos.

En el análisis estadístico de los datos se utilizó el análisis de la varianza de las medidas repetidas para determinar si la glicerina tenía efectos significativos (prueba t de Student).

Los datos obtenidos se introdujeron en una base diseñada al efecto, bajo soporte Excel (Microsoft Windows®). Se realizó un análisis preliminar para detectar incongruencias, valores fuera de rango lógico, violaciones de los criterios de reclutamiento, etc. Después se efectuó un análisis estadístico descriptivo y comparativo para estudiar diferencias entre subgrupos. Para la comparación de las variables cualitativas se emplearon la prueba de χ^2 y la prueba exacta de Fisher. Se consideraron significativos los valores de p inferiores a 0,05. El grado de acuerdo se analizó calculando el estadístico Kappa de Cohen y el error estándar (EE).

RESULTADOS

Los 11 sujetos realizaron un prueba de esfuerzo progresivo máximo (Prueba de Daniels) en una cinta continua que sirvió de indicador de su buena condición física. Las características morfofuncionales de cada sujeto son expresadas en las Tablas 1 y 2.

Todos los sujetos toleraron ambos preparados, GLI y CON, sin reportar molestias digestivas: náuseas, aerofagia, aereocolia, pirosis, etc.

No hubo diferencias significativas en los registros de frecuencia cardiaca (Tabla 3), hematocrito (Tabla 4 y Figura 1) y temperatura cutánea y timpánica (Tabla 5 y Figura 2) entre los suplementados con CON y GLI.

ESPINOSA V.
et al.

Sujetos	Edad	Talla	Peso	% Grasa	% Musc
1	39	175,7	82,6	12,2	44,7
2	26	179,3	66,2	10,6	50,6
3	27	170,8	75,2	11,9	44,4
4	30	180	74,3	10,5	47,7
5	36	173,7	68,1	10,6	49,6
6	38	171	63	10,1	48,7
7	30	176,1	76,1	8,1	47,3
8	31	177	79	7,4	47,9
9	41	181,1	77,6	8,2	47,4
10	27	176,6	64,4	7,2	50,1
11	31	183,8	86,6	15,2	45,2
promedio	32,4	176,8	73,9	10,2	47,6
STD	5	4	8	2	2

TABLA 1.
Antropometría y
composición corporal
de los bomberos

Valores medios y desviación estándar.

El ejercicio de 40 minutos de duración con una temperatura ambiente entre 31 y 34 °C y una humedad relativa entre un 20 y 40% suponía una pérdida de agua importante y provoca variaciones significativas en el peso de los sujetos (Tabla 6). Los suplementados con GLI perdían menos peso (Tabla 6) y orinaban menos que los suplementados con CON (Tabla 7 y Figura 3).

Los sujetos acumulaban menos lactato y menos pulsaciones en la segunda sesión de las pruebas independientemente de que estuvieran tomando GLI o CON. Las concentraciones de lactato medias para cada una de las series era de 8.4

Sujetos	FCumbral	VEumbral	VO2umbral	%VO2 max	FCmax	VEmax	VO2max	VO2/kg max	Lac max
1	168	135	4345	94%	178	147	4633	52,5	7,1
2	180	96	3655	95%	202	128	3842	58	10,4
3	181	105	3620	88%	203	162	4100	54,5	9
4	176	104	3700	93%	202	124	3967	53,4	12,4
5	177	116	3405	92%	195	148	3716	54,6	10,9
6	164	125	3248	97%	169	134	3360	53,3	5,7
7	186	105	3914	86%	199	173	4528	59,5	9,9
8	187	145	4250	98%	200	176	4330	54,8	9,8
9	172	159	3445	85%	183	188	4046	52,1	8
10	172	108	3211	90%	185	146	3558	55,2	12
11	174	99	3630	81%	205	156	4495	51,9	11,6
promedio	176	117,9	3675	91%	193	153	4052	54,5	9,7
STD	7	21	370	5%	12	20	416	2	2

TABLA 2.
Características
funcionales ante la
prueba de esfuerzo
progresivo máximo
(Test de Daniels) en
los bomberos

Valores medios y STD. Valores de umbral a 4mmol de lactato. El lactato máximo obtenido a 3 minutos post-ejercicio.

Sujetos	FC max	FC media			% FC max	
		CON	GLI	CON	GLI	
1	178	164	148	92,1%	83,1%	
2	202	179	172	88,6%	85,1%	
3	203	175	173	86,2%	85,2%	
4	202	172	176	85,1%	87,1%	
5	195	172	172	88,2%	88,2%	
6	169	148	154	87,6%	91,1%	
7	199	184	171	92,5%	85,9%	
8	200	165	176	82,5%	88,0%	
9	183	158	154	86,3%	84,2%	
10	185	163	167	88,1%	90,3%	
11	205	184	184	89,8%	89,8%	
promedio	192,8	169,5	167,9	87,9%	87,1%	
STD	12,1	11,1	11,1	2,9%	2,6%	

TABLA 3.
Frecuencia cardíaca
(FC) media y porcen-
taje de la frecuencia
cardíaca máxima

Donde CON es el grupo control y GLI el grupo experimental, durante la primera y segunda sesión de pruebas. Sin diferencias significativas.

Sujetos	CON			Sujetos	GLI		
	Hto inicio	Hto pre-ejercicio	Hto final		Hto inicio	Hto pre-ejercicio	Hto final
1	49,92	51,08	48	1	49,92	47,04	47,04
2	48,96	48	48	2	46,08	51,84	49,92
3	48,96	49,92	49,92	3	49,92	46,08	46,08
4	45,12	45,12	43,2	4	47,04	47,04	46,08
5	48,96	47,04	48,96	5	48,96	52,8	48
6	46,08	47,04	45,12	6	47,04	47,04	45,12
7	48	48	48	7	41,28	47,04	42,24
8	46,08	48,96	45,12	8	48	46,08	44,16
9	46,08	48,96	44,16	9	46,08	46,08	44,16
10	49,92	48	47,04	10	46,08	48	48
11	46,08	48,96	48,96	11	48	47,04	46,08
promedio	47,7	48,3	47,0	promedio	47,1	47,8	46,1
STD	1,8	1,6	2,2	STD	2,4	2,3	2,1

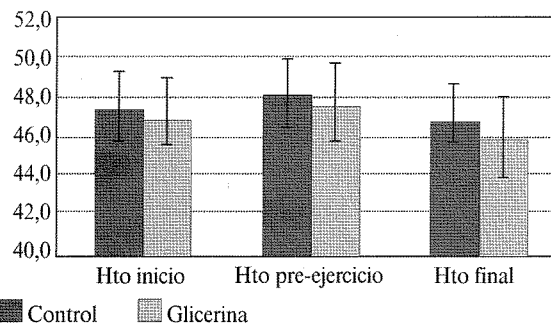
Hematocrito al inicio de la sesión de prueba (Hto inicio), después de las 3 horas de hidratación (Hto pre-ejercicio) y después de 40 minutos de ejercicio a 33° C (Hto final), del grupo control (CON) y del grupo experimental (GLI). Sin diferencias significativas.

TABLA 4. Variación del Hematocrito durante cada una de las situaciones experimentales

mM/ml en la primera, 6 en la segunda y 4,9 en la tercera frente a 4,8, 5.1 y 4,9 respectivamente (Figura 4). Los valores de frecuencia cardíaca media de los tres tests del primer día respecto al segundo fueron 172 ± 10 pulsaciones frente a 166 ± 11 .

DISCUSIÓN

Mantener un buen estado de hidratación como bombero es un elemento importante a considerar dentro de las tareas que puede realizar, como la extinción de fuegos forestales, ya que la deshidratación no solo disminuye el rendimiento, tanto físico como intelectual, sino que su repercusión puede ser determinante para la vida del profesional, de sus compañeros o de los sujetos para los que su tarea puede estar objetivada¹. Se ha visto que la hidratación previa a un ejercicio, si se administra de forma coadyuvante la glicerina, aumenta la retención de líquidos frente a la hidratación con sólo agua²⁻⁷. Por lo tanto, los resultados obtenidos en este estudio orientan a que la administración de glicerina puede evitar las alteraciones por deshidratación en tareas de sobre esfuerzo típicas de los bomberos.



Comparación de los valores medios de hematocrito inicial (Hto inicio), hematocrito después de las 3 horas de hidratación (hto pre-ejercicio) y hematocrito después de los 40 minutos de ejercicio (Hto final), del grupo control (CON) y del grupo experimental (GLI). No hay diferencias significativas

FIGURA 1. Comparación de los valores medios de hematocrito

Sólo la disminución de la pérdida de peso y una cierta disminución de la diuresis es evidente en varios de los sujetos de nuestro estudio, tal como se recoge de la literatura²⁻⁷ y es significativamente diferente entre el grupo control y el experimental. En nuestro caso, como ocurre en el estudio en tenistas de Magal¹⁷ parece que se controla el efecto de pérdida de agua pero no se objetiva en un mejor rendimiento deportivo, circunstancia que sí ocurre en triatletas en competición¹⁸. En estos y en corredores de fondo¹⁹, que realizan un trabajo de elevada intensidad (>85% PAM) y duración (>90 min) y en ambiente caluroso el efecto positivo se objetiva en una mejora del

Sujetos	Tª cutánea		Sujetos	Tª timpánica	
	CON	GLI		CON	GLI
1	34,1	32,1	1	37,8	37,5
2	33,6	33,1	2	37,7	37,1
3	35,9	33,7	3	37,7	36,7
4	33,5	34,1	4	36,4	37,7
5	30,9	33,8	5	36,8	37,5
6	33,5	34,3	6	36,1	36,7
7	32,6	31,1	7	37,3	36,6
8	32,4	35,1	8	36,3	37,6
9	35,5	34,7	9	36,6	36,2
10	32,1	34,7	10	35,9	37,1
11	34,1	34,1	11	37,5	38,1
promedio	33,5	33,7	promedio	36,9	37,2
STD	1,5	1,2	STD	0,7	0,6

TABLA 5.
Variación de la temperatura cutánea y timpánica en cada una de las situaciones experimentales

Temperatura cutánea y timpánica del grupo control (CON) y del grupo experimental (GLI). Sin diferencias significativas

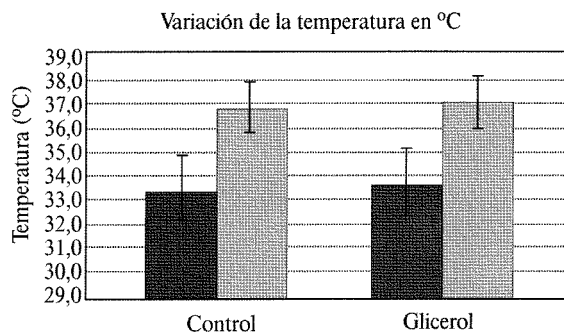


FIGURA 2.
Comparación de los valores medios de la temperatura timpánica y cutánea

Comparación de los valores medios de la temperatura timpánica y cutánea. No se observan diferencias significativas.

Sujetos	CON			GLI		
	pre	post	% diferencia	pre	post	% diferencia
1	82,90	80,75	2,59%	82,83	81,76	1,29%
2	66,10	65,10	1,51%	66,68	66,00	1,02%
3	74,50	73,75	1,01%	75,12	74,16	1,28%
4	75,40	72,70	3,58%	75,80	74,00	2,37%
5	77,30	75,01	2,96%	76,53	75,64	1,16%
6	74,46	73,14	1,77%	74,50	72,56	2,60%
7	68,20	66,99	1,77%	68,50	67,61	1,31%
8	62,17	61,36	1,30%	62,10	61,63	0,76%
9	79,37	77,80	1,98%	79,40	78,19	1,52%
10	64,25	62,14	3,28%	63,90	62,49	2,21%
11	86,74	84,37	2,73%	86,40	84,47	2,23%
promedio	73,8	72,1	2,2%	73,8	72,6	1,6%
STD	7,8	7,5	0,8%	7,7	7,5	0,6%

TABLA 6.
Variación del peso en cada día de valoración

Diferencias de peso de los sujetos antes y después de 40 minutos de ejercicio a 33° C, del grupo control (CON) y del grupo experimental (GLI). Sin diferencias significativas

rendimiento de hasta un 5%. Otros parámetros utilizados para observar el efecto de una posible mejora de la hidratación como son el hematocrito, la temperatura central (timpánica) o la adaptación cardiovascular mediante la frecuencia cardiaca, no indican que exista una diferencia entre los dos grupos. Aspectos que son interesantes para evaluar posibles efectos colaterales de una hiperhidratación forzada que podría llevar a una cierta hipoxemia arterial en condiciones de trabajo intenso²⁰. Situación que no siempre se demuestra²¹.

Los resultados de esta hiperhidratación con glicerina en la literatura también demuestran conclusiones diferentes sin duda por la idiosincrasia de los sujetos, pero sobre todo por la diferente metodología de ciertos trabajos que ofrecen resultados halagüeños. Por ejemplo los de Robergs⁹, Jiménez², Scheett⁸ o Montner¹⁰ realizan un trabajo de una intensidad entre el 50 y el 70% de la Potencia Aeróbica Máxima (PAM) y en la mayoría de ellos la duración del trabajo es limitada. Los trabajos que podrían determinarse como no concluyentes^{3,11,12,22} se basan en una duración entre los 90 y 120 minutos. Incluso cabe considerar aspectos ambientales que favorecen la deshidratación y ponen en compromiso el sistema termorregulador individual como son la elevada humedad además de la temperatura alta o la intensidad y duración del ejercicio, como

Sujetos	CON			GLI		
	L pre	L post	% diferencia	L pre	L post	% diferencia
1	1,50	1,50	0,00%	0,43	0,75	42,67%
2	1,10	1,17	5,58%	0,55	0,69	20,29%
3	1,40	1,57	10,54%	0,35	0,50	30,00%
4	1,00	1,20	16,67%	1,20	1,58	24,05%
5	0,68	1,25	46,00%	0,65	0,84	22,62%
6	0,75	0,95	21,58%	0,45	0,65	30,77%
7	1,60	1,67	4,19%	0,78	1,00	22,50%
8	1,03	1,40	26,79%	0,53	0,64	17,19%
9	1,50	1,86	19,14%	0,50	0,65	23,08%
10	1,50	1,80	16,67%	0,60	0,90	33,33%
11	1,55	2,10	26,19%	0,85	1,12	23,77%
promedio	1,24	1,50	17,58%	0,63	0,85*	26,39%
STD	0,34	0,34	12,92%	0,24	0,30	7,21%

Diuresis durante las 3 horas de hidratación (L pre) y después de 40 minutos de ejercicio a 33° C (L post), del grupo control (CON) y del grupo experimental (GLI). Nivel de significación estadística * = p < 0.001

TABLA 7. Niveles de diuresis en cada situación experimental del estudio

es el caso del estudio de Marino²². En nuestro trabajo, si bien la duración de la prueba es moderada, de unos 50 minutos, la intensidad del trabajo es elevada, superior al 85% de la potencia aeróbica máxima, y puede ser una de las causas que determinan que nuestro estudio se decante por aquellos que no son capaces de ofrecer un efecto franco del uso de la glicerina frente a la deshidratación. Es además muy interesante apuntar que además de la intensidad de la tarea solicitada, a esta debe añadirse que, a diferencia de los trabajos previos cíclicos y sostenidos, en este caso no lo es y sobre todo requiere de una calidad técnica precisa, una atención y empeño diferentes. Aspecto este último difícil de medir, pero que sin duda infiere en la solicitud energética del individuo. En cualquier caso es evidente que observamos un aprendizaje de esa tarea, si se quiere llamar circuito, en el estudio. Esta afirmación se sustenta en los niveles de adaptación ofrecidos por la mayoría de los sujetos en el segundo día de prueba frente al primero, con independencia de ser grupo control o experimental. Basándonos en el porcentaje de la frecuencia cardiaca máxima con respecto a la prueba de laboratorio en los dos días de experimentación. Este aprendizaje, es posible que facilite una cierta mejora en el rendimiento de los sujetos sin que, obviamente, se pueda atribuir a la suplementación con glicerina. Las condiciones

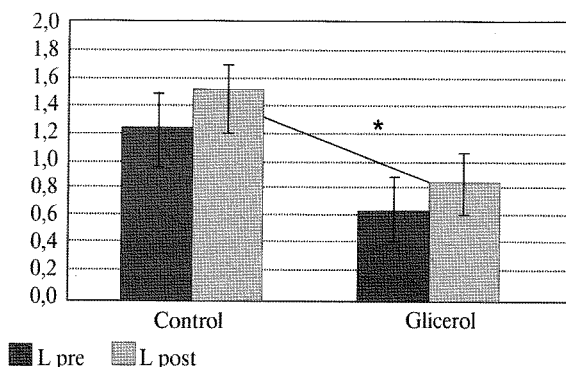
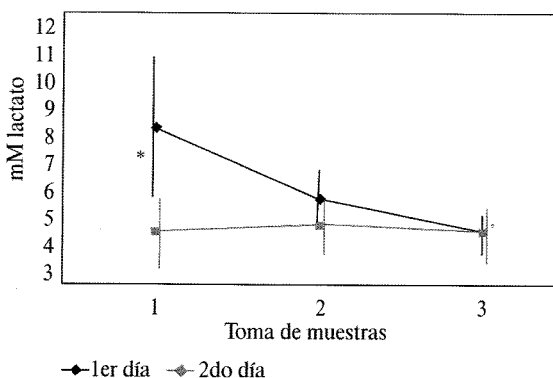


FIGURA 3. Comparación de la diuresis durante las 3 horas de hidratación (L pre) y después de 40 minutos de ejercicio a 33° C (L post), del grupo control (Control) y del grupo experimental (Glicerol). Nivel de significación estadística * = p < 0.05.

FIGURA 3. Comparación de la diuresis durante las 3 horas de hidratación y después del ejercicio



En la primera y segunda sesión de pruebas. Valores medios y EEM. Diferencias significativas entre la primera y segunda sesión * = p < 0.05.

FIGURA 4. Concentración de lactato acumulada durante el ejercicio

de temperatura y la intensidad del ejercicio (87-90% del máximo) ponen a prueba el sistema de hidratación del sujeto en el trabajo solicitado. Quizás esta pueda ser una razón de la falta de efecto positivo, el estrés térmico sobre el sistema es excesivo y ni siquiera el apoyo de la glicerina es suficiente para ofrecer una diferencia entre los grupos control y experimental. Circunstancia comentada por Latzka^{11,12} y que puede explicar las diferencias con trabajos donde sí se observa el efecto beneficioso a nivel cardiovascular^{9,10} y que consideramos empíricamente importantes en este grupo de profesionales en la realización de ciertas tareas de riesgo que competen su labor.

Sin embargo, si tenemos en cuenta como referencia los resultados presentados en éste trabajo, donde se encuentran diferencias estadísticamente significativas en la eliminación de orina y sobre todo en lo que respecta a la pérdida de peso en el grupo GLI respecto el grupo CON, podemos atrevernos a indicar que sí parece existir un efecto de la glicerina en la adaptación termoreguladora del organismo en el estrés físico en condiciones de calor ambiental, pero limitadas cuando el trabajo se hace en unas condiciones límites. El que este efecto sea de mayor o menor intensidad y que a su vez repercuta para bien en el rendimiento físico del profesional estudiado deberá ser evaluado con mayor precisión en tareas similares. Por otro lado, dada la ausencia de efectos secundarios negativos o colaterales en nuestro estudio y la mínima aportación ofrecida por la literatura, (intolerancia digestiva, náuseas, pirosis, vómitos ocasionales durante el ejercicio intenso) y teniendo en cuenta su posible efecto

beneficioso, consideramos interesante continuar la investigación partiendo de las posibles deficiencias observadas, adaptando todavía más al trabajo de alta intensidad y duración que puede solicitar este cuerpo profesional durante las tareas de extinción de incendios en la época estival.

CONCLUSIÓN

El uso de glicerina no mejora el rendimiento en las tareas de bombero en las condiciones ambientales de nuestro estudio.

Sí parece existir un efecto de la glicerina en la adaptación termoreguladora del organismo en el estrés físico en condiciones de calor ambiental, pero limitadas cuando el trabajo se hace en unas condiciones límites.

En nuestro estudio no se observan efectos secundarios o colaterales negativos por el uso de glicerina oral.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio no hubiera sido posible sin la colaboración de los bomberos que se ofrecieron voluntarios, sin la Direcció General d'Emergències i Seguretat Civil, sin el CAR de Sant Cugat del Vallés con las diplomadas en enfermería Montserrat Banquells y Olga Ruiz, y sin el INEFC de Barcelona.

B I B L I O G R A F Í A

1. Mora R, Aguado R. Influencia del calor ambiental en un test incremental de umbral de lactato. *Archivos de Medicina del Deporte* 2002;89.
2. Jiménez C, Melin B, Koulmann N, Allevard AM, Launay JC, Savourey G. Plasma volume changes during and after acute variations of body hydration level in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1999;80(1):1-8.
3. Wendtland C, Nethery V, D'Acquisto L Thomas, C. Cit per Wagner, D.R 1999. Glycerol-induced

hyperhydration does not provide cardiovascular or thermoregulatory benefit during prolonged exercise. *Med Sci Sport Exerc* 1997;29:S133.

4. **Koenigsberg PS, Martin KK, Hlava HR, Riedesel ML.** Sustained hyperhydration with glycerol ingestion. *Life Sci* 1995;57(7):645-53.
5. **Freund BJ, Montain, SJ, Young AJ, Sawka MN, De Luca JP, Pandolf KB, Valeri CR.** Glycerol hyperhydration: hormonal, renal and vascular fluid responses. *J Appl Physiol* 1995;79:2069-77.
6. **Lyons TP, Riedesel ML, Meuli LE, Chick TW.** Effects of glycerol-induced hyperhydration prior to exercise in the heat on sweating and core temperature. *Med Sci Sport Exerc* 1990;22:477-83.
7. **Riedesel ML, Allen DY, Peake GT, Al-Qattan K.** Hyperhydration with glycerol solutions. *J Appl Physiol* 1987;63(6):2262-8.
8. **Scheett TP, Webster MJ, Wagoner KD.** Effectiveness of glycerol as a rehydrating agent. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2001;11(1):63-71.
9. **Robergs RA, Griffin SE.** Glycerol. Biochemistry, pharmacokinetics and clinical and practical applications. *Sports Med* 1998;26(3):145-67.
10. **Montner P, Stark DM, Riedesel ML, Murata G, Robergs RA, Timms M, Chick TW.** Pre-exercise glycerol hydration improves cycling endurance time. *Int J Sport Med* 1996;17:27-33.
11. **Latzka WA, Sawka MN, Montain SJ, Skrinar GS, Fielding RA, Matott RP, Pandolf KB.** Cit per Wagner, D.R 1999. Hyperhydration: tolerance and cardiovascular effects during uncompensable exercise heat-stress. *J Appl Physiol* 1998;84:1858-64.
11. **Latzka WA, Sawka MN, Montain SJ, Skrinar GS, Fielding RA, Matott RP, Pandolf KB.** Cit per Wagner, D.R 1999. Hyperhydration: thermoregulatory effects during compensable exercise-heat stress. *J Appl Physiol* 1997;83:860-6.
13. **Murray R, Eddy DE, Paul GL, Seifert JG, Halaby GA.** Physiological responses to glycerol ingestion during exercise. *J Appl Physiol* 1991;71:144-9.
14. **Martin AD, Ross WD, Drinkwater DT, Clarys JP.** Prediction of body fat by skinfold caliper: assumptions and cadaver evidence. *Int J Obes* 1985;9 Suppl 1:31-9.
15. **Daniels J, Daniels N.** Running economy of elite male and elite female runners. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24(4):483-9.
16. **Rodríguez FA, Banquells M, Pons V, Drobnic F, Galilea PA.** A comparative study of blood lactate analytic methods. *Int J Sports Med* 1992; 13(6):462-6.
17. **Magal M, Webster MJ, Sistrunk LE, Whitehead, MT, Evans RK, Boyd JC.** Comparison of glycerol and water hydration regimens on tennis-related performance. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35(1): 150-6.
18. **Coutts A, Reaburn P, Mummery K, Holmes M.** The effect of glycerol hyperhydration on olympic distance triathlon performance in high ambient temperatures. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2002; 12(1):105-19.
19. **Anderson MJ, Cotter JD, Garnham AP, Casley DJ Febbraio MA.** Effect of glycerol-induced hyperhydration on thermoregulation and metabolism during exercise in heat. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2001;11(3):315-33.
20. **Manohar M, Goetz TE, Hassan AS.** Preexercise hypovolemia does not affect arterial hypoxemia in Thoroughbreds performing short-term high-intensity exercise. *J Appl Physiol* 2003;94(6): 2135-44. Epub 2003;31.
21. **Sosa Leon L, Hodgson DR, Evans DL, Ray SP, Carlson GP, Rose RJ.** Hyperhydration prior to moderate-intensity exercise causes arterial hypoxaemia. *Equine Vet J Suppl* 2002;(34):425-9.
22. **Marino FE, Kay D, Cannon J.** Glycerol hyperhydration fails to improve endurance performance and thermoregulation in humans in a warm humid environment. *Pflugers Arch* 2003;446(4):455-62. Epub 2003;15.
23. **Nadel ER, Fortney SM, Wenger CB.** Effect of hydration state of circulatory and thermal regulations. *J Appl Physiol* 1980;49(4):715-21.
24. **Wagner DR.** Hyperhydrating with glycerol: implications for athletic performance. *J Am Diet Assoc* 1999;99(2):207-12.