

Importancia de la Reposición de Fluidos Durante los Incendios para la Salud y Prevención de Riesgos del Personal Especialista en la Extinción de Incendios Forestales (P.E.E.I.F.)

Ávila Ordás, M^a Concepción

Fraternidad Muprespa / Campus de Vegazana s/n / 24071 León, España
+34 987 293023 / mcavio@unileon.es

Villa Vicente, José Gerardo

Departamento de Educación Física y Deportiva / Universidad de León / Campus de Vegazana s/n / 24071 León, España
+34 987 293019 / jg.villa@unileon.es

López Satue, Jorge

Subdirección I+D+i Grupo TRAGSA/C.Cruz Roja 26 Bajo/24007 León, España
639141705/ jlopez12@tragsa.es

Rodríguez-Marroyo, Jose A.

Departamento de Educación Física y Deportiva / Universidad de León / Campus de Vegazana s/n / 24071 León, España
+34 987 293022 / j.marroyo@unileon.es

García López, Juan

Departamento de Educación Física y Deportiva / Universidad de León / Campus de Vegazana s/n / 24071 León, España
+34 987 293018 / juan.garcia@unileon.es

Moreno Romero, Sergio

TRAGSA / Campus de Vegazana s/n / 24071 León, España
+34 987 293023 / etcsmr03@unileon.es

Mendonça, Paulo Renato

Departamento de Educación Física y Deportiva / Universidad de León / Campus de Vegazana s/n / 24071 León, España
+34 987 293023 / prmen@unileon.es

Pernía Cubillo, Raúl

Fraternidad Muprespa / Campus de Vegazana s/n / 24071 León, España
+34 987 293023 / perny2004@yahoo.es

ABSTRACT

El agua es un elemento fundamental para la vida humana, mantiene la temperatura corporal constante, si la temperatura aumenta tiende a disminuirla mediante pérdidas de sudor, cuando estas pérdidas son excesivas pueden surgir problemas, siendo este el caso de personas que realizan una actividad intensa como los Especialistas en Extinción de Incendios Forestales (P.E.E.I.F.). Para que

esto no suceda y se lleve a cabo la deshidratación, es necesaria una hidratación adecuada de manera que el rendimiento, la seguridad y la salud óptima de los sujetos no se vea diezmada, con lo que esto supondría no sólo para él sino para su cuadrilla.

Palabras clave:

incendios, pérdida de peso, deshidratación

INTRODUCCIÓN

El agua posee unas propiedades térmicas por las cuales mantiene la temperatura corporal constante, especialmente durante trabajos prolongado en ambientes calurosos y húmedos. Por lo tanto, las alteraciones en el agua corporal y en el equilibrio electrolítico pueden afectar al funcionamiento celular y sistémico y en consecuencia reducir la capacidad de los humanos para tolerar un trabajo prolongado (McArdle et al, 2001).

La pérdida de agua mediante la sudoración inducida por el trabajo arduo y las altas temperaturas, puede conducir a la deshidratación de los compartimentos de líquido intracelulares y extracelulares del cuerpo, como se ha descrito en incendios forestales (Apud, 2002)

La pérdida de agua tiene un límite, por encima del cual comienzan las repercusiones negativas para el organismo. Las consecuencias de la pérdida de líquido son básicamente dos: 1) disminución del rendimiento del trabajo que está condicionado en primer lugar por la afectación cardiovascular como lo indica una elevación desproporcionada del ritmo cardíaco, y en segundo lugar por el deterioro funcional de músculos y tendones, debido a que el aumento de temperatura muscular altera la estructura normal de las proteínas contráctiles y del colágeno, con riesgo de lesiones musculotendinosas. 2) los riesgos de la deshidratación, así la pérdida del 3% del peso corporal causa contracturas y calambres musculares junto a un aumento del riesgo de lipotimia; la pérdida del 5% del peso corporal ocasiona un mayor riesgo de lesiones musculotendinosas; la pérdida del 8% del peso corporal provoca la contracción sostenida del músculo sin posibilidad de relajación; y por último la pérdida del 10% del peso corporal comporta un riesgo vital (Barbany, 2002; McArdle et al, 2001;González Alonso et al, 1995; Maughan & Gleeson, 2004).

Es conocido que en los incendios forestales el Personal Especialista en Extinción de Incendios Forestales (P.E.E.I.F.), por la naturaleza de su trabajo, se ve sometido a altas temperaturas. Este factor junto al trabajo intenso y prolongado para sofocar los incendios, hacen que se produzca en estos sujetos un aumento de la temperatura corporal y una mayor sudoración para favorecer la disipación del calor tal y como demostró Apud (2002) y anteriormente Astrand y Rodahl (1986). Salvo en caso de situaciones graves, la deshidratación del P.E.E.I.F. medida por la pérdida de peso, puede pasar desapercibida pudiendo no solo conducir a estos trabajadores a situaciones de fatiga, sino también en algunos casos a la muerte. Por ello, la empresa TRAGSA, en colaboración con la Fraternidad Muprespa y la Universidad de León y con apoyo del Área de Incendios de la Dirección General de la Biodiversidad (Ministerio de Medio Ambiente) y de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, están desarrollando un proyecto de I+D+i que persigue la mejora en la seguridad y de la condición física en relación con la salud ante el esfuerzo físico desarrollado por el Personal Especialista en Extinción de Incendios Forestales (P.E.E.I.F.) planteándose entre otros el siguiente objetivo.

OBJETIVO

Analizar los posibles cambios que se producen en cuanto a la hidratación en el Personal Especialista en la Extinción de Incendios Forestales (P.E.E.I.F.) durante

los incendios y que de alguna manera repercuten en el rendimiento, seguridad y la salud óptima de los mismos.

METODOLOGÍA

En este estudio participaron 50 sujetos pertenecientes a la Brigada de Refuerzo de Incendios Forestales (B.R.I.F.) de Tabuyo del Monte (León), con una edad media de 26.7 ± 0.51 años, peso de 75.6 ± 0.72 kg y altura 174.2 ± 0.61 cm. Todos los sujetos gozaban de un óptimo estado de salud, como se establecía por un examen médico anterior al estudio.

A estos sujetos se les realizó un estudio de la pérdida de peso que tenía lugar durante incendios forestales de distinta duración. Para ello, se les tomó el peso solamente con el equipo de protección individual (E.P.I.) justo antes de la salida hacia el incendio y nada más volver y se les anotó la cantidad de líquido (litros) que habían ingerido durante el mismo; la cantidad de líquido ingerido se cuantificaba mediante el número de veces que vaciaban la cantimplora que portan a los incendios (capacidad de 1 litro). Estos sujetos llevan una media de 2 litros de agua al incendio, entre la que llevan ellos y la que transporta el capataz de la cuadrilla; además de esta cantidad, ellos pueden ingerir el agua que puede ser aportada al incendio por parte de los Organismos responsables. El que la pérdida de peso sea exponente del grado de deshidratación se ve favorecido por el hecho de que las excreciones a través de la orina son prácticamente nulas.

El peso (Kg) se registró en una báscula de precisión (Tanita BC-418) con un error de medida 0,1gr. Antes de pesarse tras el incendio, se procedió a preguntar la cantidad de agua ingerida (para lo cual son adiestrados durante su estancia diaria en la base).

Se analizaron un total de 29 incendios en los que intervinieron el P.E.I.I.F. de la B.R.I.F. de Tabuyo del Monte (Leon) durante la campaña de 2006, siendo éstos clasificados en función de su duración. Al PEEIF se les monitorizó, durante la duración del incendio, la frecuencia cardíaca mediante un pulsómetro (Polar Xtrainer Plus, Polar Electro Oy, Filand) y, posteriormente, a través de un software específico (Training Advisor SW for Windows®, Polar Electro Oy, Filand) se volcaban todos los datos al ordenador para ser analizados y determinar junto a la frecuencia cardíaca el gasto calórico a los que estaban trabajando en cada uno de los incendios. Para analizar todos los parámetros anteriormente expuestos, se clasificaron los incendios en función de la duración de los mismos en cuatro tipos: incendios con una duración media de 0-60min, de 60-180 min, de 180-300 min, y de 300-600 min. y se registró temperatura y humedad relativa de la zona del incendio.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa estadístico Spss v 14.0. Se analizó la normalidad de la población y se aplicó el test t Student´s para comparar el peso de los sujetos antes y después de los incendios y test de Neuman-Keuls (ANOVA) para la comparación de los parámetros en estudio entre los distintos tipos de incendios. El nivel de significación estadística de los valores se determinó como $*=p < 0.05$. Los resultados se expresaron como la media \pm error estandar de la media ($X \pm EEM$).

RESULTADOS

En la Figura 1 se muestran los valores medios de peso del P.E.E.I.F. en función de la duración de los incendios, como se puede observar en esta gráfica el peso disminuye significativamente en todos los incendios siendo esta disminución más acentuada en los incendios de mayor duración. La pérdida de peso corporal es de un 0.6%, 0.77%, 2.23% y 3.5% respectivamente incendios de 0-60min, de 60-180 min, de 180-300 min, y de 300-600 min. Hay una correlación de Pearson

significativa de 0.627, que viene a demostrar la importancia protocolizar un avituallamiento líquido en función de la previsión de duración de los incendios.

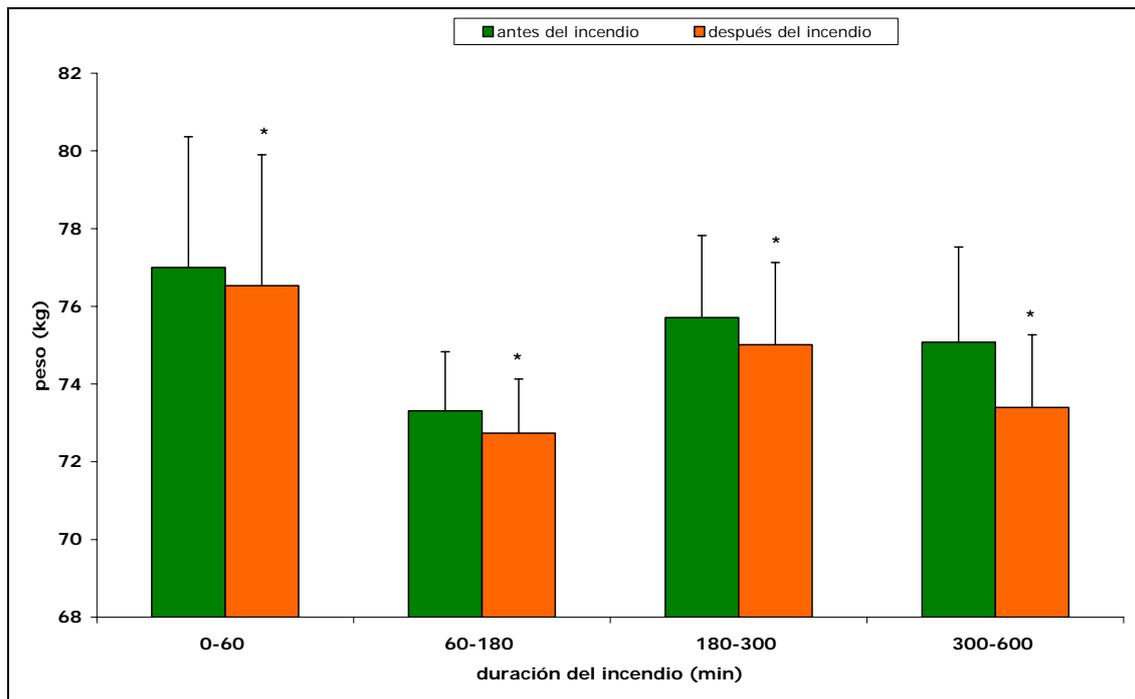


Figura 1.- Peso de los sujetos antes y después de distintos tipos de incendios. Valores expresados como $\text{media} \pm \text{E.E.M.}$ * ,diferencias significativas entre el peso antes y el después del incendio, ($p < 0.05$).

En la Figura 2 se muestra la cantidad de líquido ingerido y la cantidad de líquido perdido por sudoración en incendios de distinta duración (estimado en función de la pérdida de peso). Como se observa en esta gráfica la cantidad de líquido perdido por sudoración es significativamente mayor que el volumen de líquido ingerido, así podemos observar que la cantidad de líquido perdido es de 1.84, 2.6, 3.04 y 4.32 respectivamente en incendios de 0-60 min, 60-180 min, 180-300 min y 300-600 min. Ello conlleva que el ritmo de sudoración estimado en gramos/hora en función de la duración de los mismos es de 650, 670, 890, y 1250 en incendios de 0-60, 60-180 min, 180-300 min y 300-600 min.

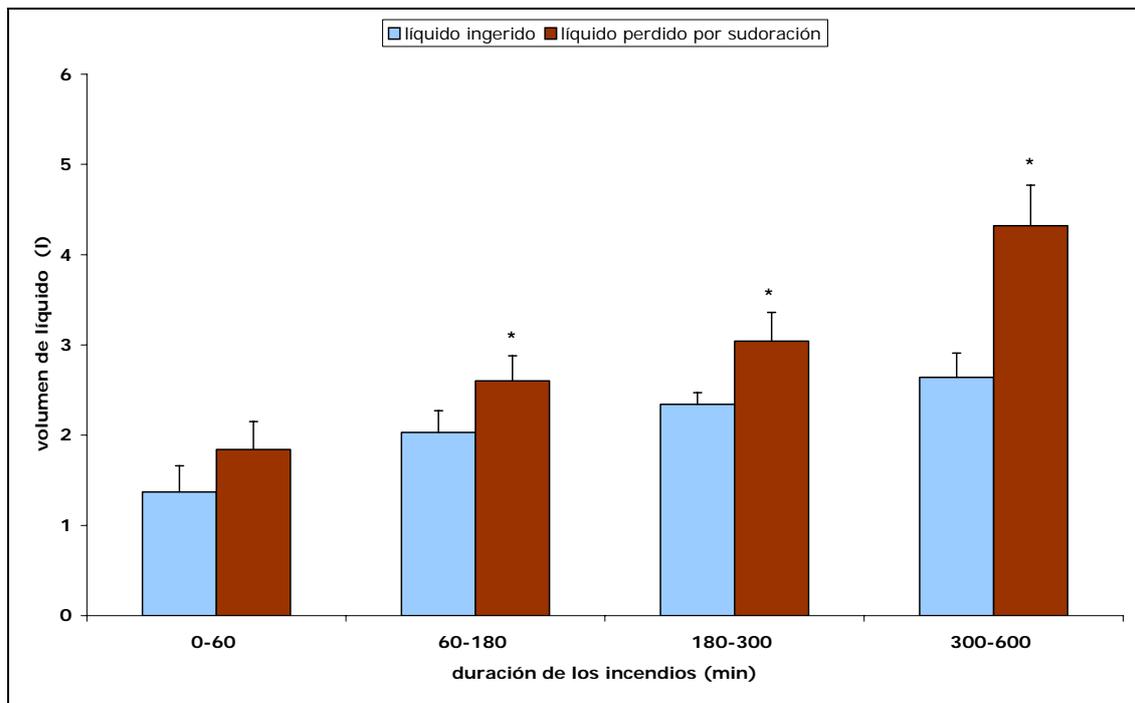


Figura 2.- Volumen de líquido ingerido y perdido por sudoración en distintos tipos de incendios. Valores expresados como media±E.E.M. * ,diferencias significativas entre ambos líquidos en los tipos de incendios, ($p < 0.05$).

En la Tabla 1, se muestran los valores de frecuencia cardiaca media, frecuencia cardiaca máxima, carga cardiovascular y las kilocalorías consumidas por el P.E.E.I.F durante los incendios de distinta duración, como se observa en esta Tabla la frecuencia cardiaca media no muestra diferencias significativas entre ninguno de los incendios, pero alcanza valores más altos en los incendios de mayor duración (300-600 min), siendo en estos incendios donde más kilocalorías se consumen.

	<i>Fc media</i> (ppm)	<i>Fc máxima</i> (ppm)	<i>Carga cardiovascular</i> (%)	<i>Kcal</i>
0-60 min (n=3)	119,36±4.03	153.63±3.62	44.63	250,15±48.44
60-180 min (n=7)	115,65±3.84	162.84±5.61*‡	41.84	545±48.44 *
180-300 min (n=14)	115,13±2.37	174.61±4.67*‡	41.45	1225,32±37.01*‡
300-600 min (n=5)	129,25±5.84	175.81±1.91*‡	52.06	2198,04±56.81*‡†

Tabla 1.- Frecuencia cardiaca media, máxima, carga cardiovascular y kilocalorías consumidas en los distintos tipos de incendios. Valores expresados como media±E.E.M. (*, ‡, †= $p > 0.05$) ,diferencias significativas entre los incendios; *entre incendios de 0-60 min con todos los demás, ‡ entre incendios de 60-180 min con incendios de 180-300 min e incendios de 300-600 min; † entre incendios de 180-300 min e incendios de 300-600 min.

En esta Tabla se comprueba que la frecuencia cardiaca máxima aumenta a medida que la duración de los incendios es mayor, mostrando diferencias significativas entre todos los incendios llegándose a alcanzar valores nada despreciables de 153.63 ppm en incendios de corta duración. Al estudiar la carga del sistema cardiovascular a la que se encuentra sometido durante los incendios el P.E.E.I.F., observamos que tanto en los incendios de menor duración como en los de mayor duración la carga cardiovascular es superior al 40%.

Respecto a las kilocalorías consumidas, se observa como aumenta el consumo a medida que los incendios tienen mayor duración, este aumento muestra

diferencias significativas entre todos los incendios estudiados, llegando a alcanzarse un consumo de 2198 kcal en incendios de 300-600 min. No se debe menospreciar las kilocalorías consumidas en los otros incendios en función de la duración.

En la Tabla 2 se muestran los valores de la frecuencia cardiaca media durante todo el incendio así como a partir de la segunda mitad del mismo y la carga cardiovascular para esta segunda parte del incendio en función de la cantidad de líquido ingerido. Se observa como la frecuencia cardiaca media durante todo el incendio es mayor significativamente en los sujetos que han ingerido menos cantidad de líquido que en los que han ingerido más líquido. En la segunda mitad del incendio la frecuencia cardiaca media alcanza valores más altos tanto con una ingesta de líquido como con la otra. Resaltar el nivel de carga cardiovascular que se llega a alcanzar.

	Líquido ingerido (litros)	Fc media (ppm)	Fc media en la segunda mitad (ppm)	Carga cardiovascular en la segunda mitad (%)
227 min	1-1.5	138±3.65	151±4.56*	65
227min	2-3	109±2.15	127±3.85*	47

Tabla 2.- Frecuencia cardiaca media, y líquido ingerido en un mismo incendio de 227 min de duración, así como la frecuencia cardiaca media y la carga cardiovascular en la segunda mitad del incendio. Valores expresados como media±E.E.M. * ,diferencias significativas entre frecuencia cardiaca durante todo el incendio y la registrada en la segunda mitad, ($p < 0.05$).

En la Figura 3 y Figura 4 se muestran los registros de frecuencia cardiaca de 2 sujetos en un mismo incendio de 227 min de duración pero con distinta ingesta de agua (Torneros de Jamuz (León), 28,5°C, 29% de humedad relativa, modelado de combustible 8 (hojarasca en bosque denso de coníferas), así como se puede ver en la Figura 3 la frecuencia cardiaca media es de 120 ppm, se trata de un sujeto con una ingesta de agua de 3 litros; mientras que la frecuencia cardiaca alcanzada por el sujeto de la Figura 4 es de 144 ppm y la ingesta de agua fue de 1 litro.

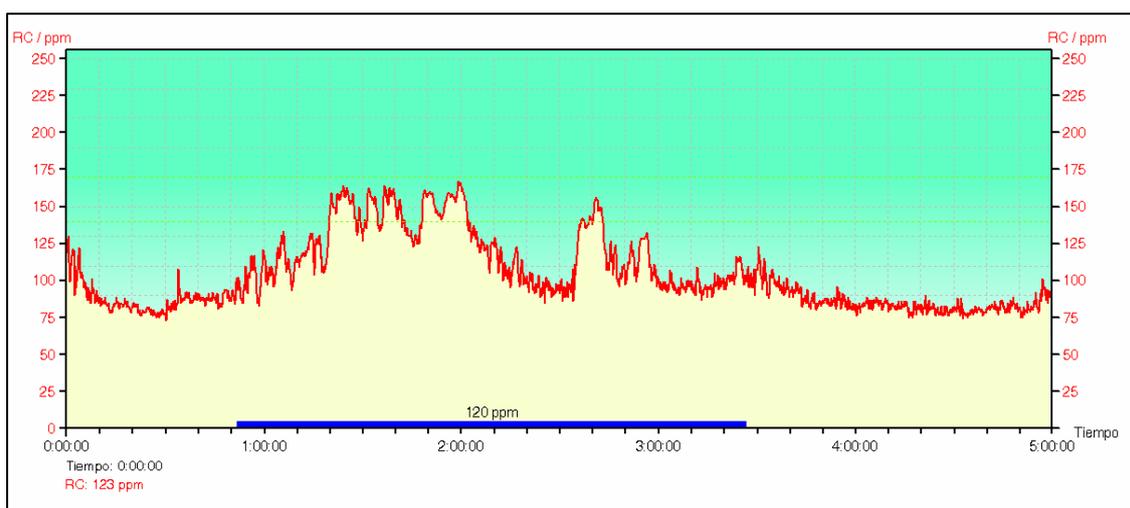


Figura 3.- Registro de frecuencia cardiaca en un incendio de 227 min de un sujeto euhidratado.

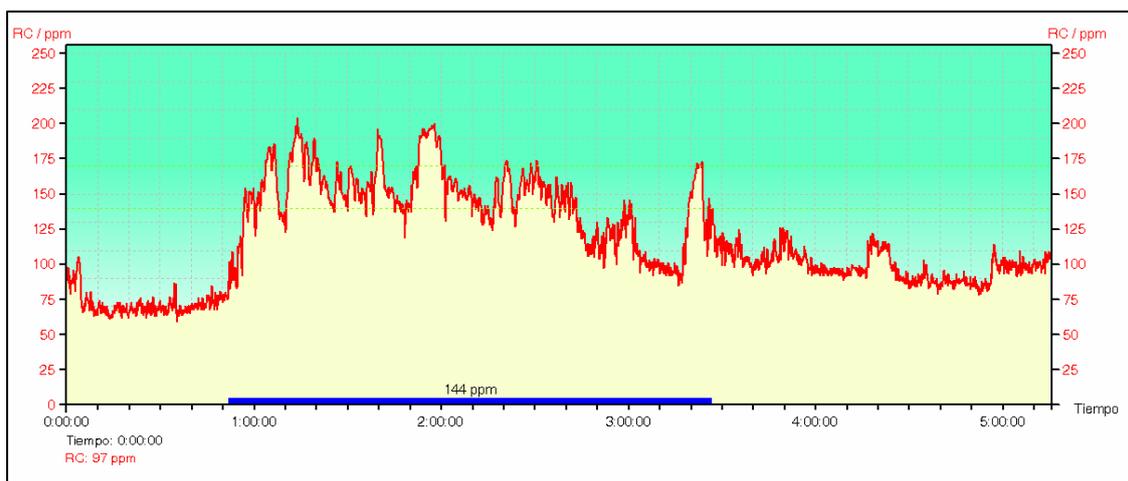


Figura 4.- Registro de frecuencia cardíaca en un incendio de 227 min de un sujeto deshidratado

DISCUSIÓN

La pérdida de agua corporal debida a la sudoración está en función de la carga térmica total que se relaciona con los efectos combinados de la intensidad del trabajo y las condiciones ambientales (temperatura, humedad, velocidad del viento) (Nadel et al, 1977; Shapiro et al, 1982). Sin la reposición adecuada de fluidos durante un trabajo intenso, la temperatura corporal y el ritmo cardíaco se elevan más, en comparación con una condición de buena hidratación (Costill et al, 1970; Coyle & Montain, 1992).

A la vista de los resultados obtenidos en nuestro estudio, se observa una significativa pérdida de peso en todos los incendios (Figura 1), siendo esta pérdida mayor a medida que aumenta la duración de los mismos. Esta pérdida no puede ser debida más que a la sudoración de los sujetos en unas condiciones climáticas de altas temperaturas (estimándose ritmos de sudoración de hasta 1250 gramos/hora) y donde se realiza un trabajo intenso por ser mantenido en el tiempo (carga cardiovascular media que supera en todos los tipos de fuegos el 41%) como puede ser corroborado por la frecuencia cardíaca y las kilocalorías consumidas en los diferentes tipos de incendios (Tabla 1), llegando a un coste calórico medio de 6.62 kcal/min, de forma que se considera que por encima de 6 kcal/min (Apud, 2002) es un trabajo intenso. Con los resultados obtenidos hay que comentar que la intensidad del esfuerzo en Kcal como viene sobreenvenido por la frecuencia cardíaca puede estar enmascarada por el aumento de la frecuencia cardíaca debido a la deshidratación, por lo tanto pensamos en la necesidad del uso de activímetros para medir el gasto calórico.

Como se advierte en la Figura 1 la pérdida de peso es notoria en todos los tipos de incendios, pero es mayor y significativa a medida que aumenta la duración de los mismos llegando a alcanzar un 3.5% de pérdida de peso, hay autores como Below & Coyle (1995) que opinan que en climas moderados el rendimiento en el trabajo no se ve afectado por la pérdida de peso aunque no haya reposición de líquidos durante un periodo de una hora, sin embargo Levine et al (1991) indican que no podría ser el caso. En nuestro caso el efecto de la reposición de fluidos en el rendimiento es evidente, ya que nuestros sujetos se encuentran trabajando en condiciones ambientales extremas, donde las temperaturas a las que se enfrentan en su trabajo no tienen que ver con la temperatura ambiente del día (30°C) sino con la de un entorno en llamas (50°C-80°C) como describen Ruby et al, 2002. Por lo tanto creemos que la reposición de líquidos es importante en cualquiera de los tipos de incendios analizados.

Debido a que el resultado neto del desequilibrio electrolítico, pérdida de iones sodio principalmente pero también de potasio, cloro, magnesio y calcio, y de agua asociado con la incapacidad para reponer adecuadamente los fluidos durante el trabajo que realizan los P.E.E.I.F. es un aumento en la tasa de almacenamiento de calor, la deshidratación inducida por el trabajo realizado en incendios forestales representa un potencial para el desarrollo de desórdenes relacionados con el calor incluyendo el golpe de calor potencialmente mortal (Sutton, 1990). Por lo tanto es razonable suponer que la reposición de fluidos compensa la deshidratación y el aumento excesivo en el calor corporal y podría ser un instrumento para la reducción del riesgo de la lesión térmica (Hubbard & Armstrong, 1988).

Para reducir el potencial de lesión térmica, se recomienda reponer el agua perdida debido a la sudoración en una tasa proporcional a la tasa de sudoración (Noakes, 1993). La hidratación durante el trabajo realizado por los P.E.E.I.F. es importante para conseguir que estos sujetos ingieran suficiente cantidad de líquido para mantener el balance hidroelectrolítico positivo, ya que incluso la deshidratación parcial puede comprometer el trabajo muscular, repercutiendo negativamente en el rendimiento de estos sujetos a la hora de realizar de manera adecuada su trabajo. Sin embargo en nuestros sujetos no se produce esa reposición, o se hace pero no completamente, a pesar de haber ingerido entre 1,37 litros y 2,64 litros y en función de la duración de los incendios, lo que se supone que es porque el tiempo de reposición (máximo de 0.8 l/h) es inferior al ritmo de sudoración de 2-3 l/h en circunstancias muy adversas (Figura 2), de manera que nuestros sujetos llegan con un cierto grado de deshidratación a las bases después de los incendios y como es obvio a medida que aumenta la duración de los incendios, la pérdida de líquido es mayor, quizá por la falta de agua o por que la temperatura de ésta no es la adecuada. Apud en 2002 señala que una sudoración de 350 gramos por hora indica que la carga calórica ha llegado a un nivel crítico, además destaca que en trabajadores expuestos a altas temperaturas pueden llegar a producir un promedio de 1000 gramos de sudor por hora, en nuestro caso la carga calórica a nivel crítico está superada en los cuatro tipos de incendios, puntualmente algunos sujetos en determinados incendios si que han alcanzado niveles de sudoración que propone Apud. De la misma manera Hendrie et al (1997) obtienen una tasa de sudor de 527 gramos por hora al realizar línea de defensa a 35°C.

Un aspecto interesante a tratar es la cantidad de líquido que se debe ingerir. El volumen consumido debería ser mayor que el volumen de líquido perdido para evitar pérdidas de rendimiento o menoscabo de salud (Maughan et al, 1997). Sin embargo si se produce un reemplazo excesivo de las pérdidas de sudor puede llevarnos a una hiponatremia si se realiza solo con agua o fluidos con un volumen de sodio bajo (Maughan & Noakes, 1997).

Se ha propuesto que las bebidas utilizadas para la rehidratación deberían tener una concentración de sodio similar a la del sudor. Sin embargo, el contenido de electrolitos del sudor muestra una variación considerable entre sujetos y en el tiempo, por lo que parece imposible prescribir una formulación para cada persona. En una investigación sistemática de la relación entre las pérdidas de sodio por el sudor de todo el cuerpo y la efectividad de las bebidas con diferentes concentraciones de sodio en el restablecimiento del balance de líquidos. Shirreffs et al, 1996, demostraron que, con tal de que se consuma un volumen suficiente de líquido, la euhidratación se alcanza cuando la ingesta de sodio es mayor que la pérdida de sodio por el sudor. Sin embargo otros autores consideran que las bebidas para la rehidratación deben tener niveles ligeramente altos de sodio y un poco de potasio para reemplazar las pérdidas de sudor (Maughan & Noakes, 1991; Maughan et al, 1997).

Nuestros sujetos para la rehidratación utilizan un complejo isotónico que es distribuido por la empresa TRAGSA de la que dependen, y que transportan de inicio en la cantimplora de su equipo, de manera que se está favoreciendo la reposición

de electrolitos, la empresa está concienciada y preocupada por todas las posibles mejoras relacionadas con la salud y por lo tanto con la seguridad de sus trabajadores.

Otro factor importante en el rendimiento y sobre todo en la salud y seguridad del P.E.E.I.F. es la frecuencia cardiaca y la carga cardiovascular. En la Tabla 1 se observa que la frecuencia cardiaca media alcanza valores de 115 ppm, pulsaciones que se corresponden con una carga cardiovascular muy próxima al límite en los incendios con duración de 60-180 min y de 180-300 min, según está descrito por Apud en 2002 donde establece que en un ambiente caluroso el límite de trabajo es el 40% de carga cardiovascular, sin embargo en los otros dos tipos de incendios esta carga cardiovascular está superada, con lo que conlleva en cuanto a seguridad del P.E.E.I.F. También en esta tabla observamos que el coste energético del trabajo es alto, llegando al consumo de 2198 Kcal, este gasto es similar al observado por Lankford et al (2002) y Burks et al (1998) en sus estudios.

Otros autores como Montain & Coyle, en 1992 no solamente observaron un aumento de la frecuencia cardiaca sino que también vieron que la deshidratación (por ejemplo 3% del peso corporal) puede causar una reducción significativa del gasto cardíaco durante el trabajo intenso, ya que una reducción en el volumen latido puede ser mayor que un aumento en el ritmo cardíaco.

En 1970 Costill et al, y en 1992 Coyle & Montain demostraron que la temperatura corporal y el ritmo cardíaco se elevan más en sujetos con una baja hidratación en comparación con una condición de buena hidratación, estos resultados están de acuerdo con los obtenidos en nuestro estudio, así en la Figura 3 y 4 se ve como la frecuencia cardiaca media es mayor en sujetos deshidratados que en los sujetos euhidratados. Este concepto se ve reforzado por los resultados obtenidos en la Tabla 2 donde los sujetos alcanzan valores de frecuencia cardiaca media significativamente mayor en la segunda mitad del incendio que durante todo el incendio, soportando un carga cardiovascular bastante superior a la que describe Apud 2002 para trabajos intensos de ocho horas (40%).

Todo lo anterior viene a demostrar la importancia de un correcto avituallamiento para conseguir una normal rehidratación corporal. Se debe intentar propiciar una hidratación adecuada igualando la pérdida de fluido con la reposición, e intentando que la bebida esté entre 10-15°C para favorecer su absorción y al mismo tiempo añadir a la solución rehidratante electrolitos para intentar solventar la hiponatremia, de manera que así preservaremos la seguridad y salud no sólo del P.E.E.I.F. sino que también de toda su cuadrilla.

CONCLUSIONES

La intensidad y condiciones ambientales del trabajo de extinción hace que los especialistas soporten una disminución significativa de peso, por sudoración, ya que las excreciones a través de orina son prácticamente nulas en incendios de duraciones medias. Esta pérdida de peso tiene graves consecuencias como disminución en la fuerza muscular, aumento de la frecuencia cardiaca en reposo y obstaculización de la refrigeración, aumentando el riesgo de patologías por calor. Es necesario, por tanto, mantener una hidratación adecuada para promover la seguridad, salud y rendimiento físico óptimo de estos sujetos, debiéndose realizar, por parte de los Organismos responsables, los esfuerzos necesarios para garantizar un correcto avituallamiento.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer al P.E.E.I.F. su total confianza y desinteresada participación en este proyecto I+D+i "Factores Condicionantes del Rendimiento Físico del Personal Especialista en Extinción de Incendios Forestales", que se realiza con el imprescindible apoyo y trabajo en equipo del personal de la subdirección I+D+i junto con el Departamento de Incendios de TRAGSA, S.A., de la mutualidad Fraternidad-Muprespa y la Dirección General de la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente de España.

REFERENCIAS

1. Apud, E.S.; Meyer, F.; Maureira, F. (2002) In: Ergonomia en el Combate de Incendios Forestales.
2. Barbany JR. (2002). Alimentación para el deporte y la salud. Barcelona: Ediciones Martínez Roca.
3. Below, P. R. and E. F. Coyle. (1995). Fluid and carbohydrate ingestion individually benefit intense exercise lasting one hour. *Medicine Science and Sports Exercise*. 27:200-210.
4. Burks, C.A.; Sharkey, B.; Tysk, S.A.; Zderic, T.W.; Johnson, S.L.; Ruby, B.C.(1998). Estimating energy expenditure in wildland firefighters using heart rate monitoring and physical activity records. *Medicine Science and Sports Exercise*. 30(5):S56.
5. Costill, D. L., W. F. Krammer, A. Fisher. (1970). Fluid ingestion during distance running. *Archived Environmental Health* 21:520-525.
6. Coyle, E. F. and S. J. Montain. (1992). Benefits of fluid replacement with carbohydrate during exercise. *Medicine Science and Sports Exercise*. 24 (Suppl. 9):S324-S330.
7. González Alonso J, Mora Rodríguez R, Below PR, Coyle EF.(1995). Dehydration reduces cardiac output and increases systemic and cutaneous vascular resistance during exercise. *Journal Applied Physiology* 79:1487-96.
8. Hendrie, A.L.; Brotherhood, J.R.; Budd, G.M.; Jeffery, S.E.; Beasley, F.A.; Costin, B.P.; Wu Zhen, Baker, M.M.; Cheney, N.P.; DWSON, M.P. (1997). Sweating, drinking, and dehydration in men suppressing wildland fires. *International Journal Wildland Fire* 7(2). 145-158.
9. Hubbard, R. W. and L. E. Armstrong. (1998). The heat illness: biochemical, ultrastructural, and fluid-electrolyte considerations. In: *Human Performance Physiology and Environmental Medicine at Terrestrial Extremes*. K. B. Pandolf, M. N. Sawka, and R. R. Gonzalez (Eds.). (pp. 305-360). Indianapolis: Benchmark Press, Inc.
10. Lankford, D. E; Heil, D. P; Ruby, B. C; Gaskill, S.E; Hansen, K (2002). Influence of submaximal VO₂ at ventilatory threshold on self-selected work rate during wildland firefighters. *Medicine Science and Sports Exercise*. 34(5): S195
11. Levine, L., M. S. Rose, R. P. Francesconi, P. D. Neuffer, M. N. Sawka (1991). Fluid replacement during sustained activity in the heat: nutrient solution vs. water. *Aviation Space and Environmental Medicine*. 62:559-564.
12. Maughan RJ, Gleeson M. (2004). The Biochemical Basis of Sports Performance. Oxford: Oxford University Press.
13. Maughan, R. y Noakes, T. (1991). Fluid replacement and exercise stress. A brief review of studies on fluid replacement and some guidelines for the athlete. *Sports Medicine*. Julio, 12. Auckland (N.Z.).
14. Maughan, R., Leiper, J. y Shirreffs, S. (1997). Factors influencing the restoration of fluid and electrolyte balance after exercise in the heat. *British Journal of Sports Medicine*. Septiembre, 31

15. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. (2001). Exercise Physiology. Energy, Nutrition, and Human Performance. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
16. Montain, S. J. and E. F. Coyle. (1992). Fluid ingestion during exercise increases skin blood flow independent of increases in blood volume. *Journal Applied Physiology* 73:903-910.
17. Nadel, E. R., C. B. Wenger, M. F. Roberts, J. A. J. Stolwijk, E. Cafarelli. (1997). Physiological defenses against hyperthermia of exercise. *Annals of the New York Academy of Science*. 301:98-110.
18. Noakes, T. D. Fluid replacement during exercise. (1993). *Exercise. Sports Science. Review*. 21:297-330.
19. Ruby, B.C.; Zderic, T.; Burks, C.A.; Tysk, S.; Sharkey, B.J. (2002). Total energy expenditure(doubly labeled water) and bone resorption during wildland fire suppression. *Medicine Science and Sport Exercise* 34(6):1048-1054.
20. Shapiro, Y., K. B. Pandolf, and R. F. Goldman. (1982). Predicting sweat loss response to exercise, environment, and clothing. *European Journal Applied Physiology* 48:83-96.
21. Sutton, J. R. Clinical Implications of Fluid Imbalance. (1990) In: *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine*, Vol. 3. *Fluid Homeostasis During Exercise*. C. V. Gisolfi and D. R. Lamb(Eds.). (pp. 425-455). Carmel, IN: Benchmark Press, Inc.

