



Sebastián Cartón Gutiérrez
Jefe Atención Asistencia
Médica del SEIS Comunidad
de Madrid. Socio de ASELF

Significado de la aparición de alteraciones eléctricas con el esfuerzo en bomberos sometidos a ergometrías en el cuerpo de bomberos de la Comunidad de Madrid

Dr. Enrique Novo García, Dr. J. Balaguer Recena, Dra. Carmen Andujar, Dr. V. Moreno, Dra. B. Tarancón Zubimendi, Dr. Sebastian Carton, Dr. E. García Jimenez

Históricamente se reconocen una serie de hitos que muestran el interés suscitado en la medicina por el fenómeno de la adaptación del corazón humano al ejercicio físico, su acondicionamiento y sus consecuencias. Así, a finales del siglo XVII Giovanni Lancisi, padre de la cardiología, hizo referencia a la importancia del corazón durante el ejercicio; posteriormente, en 1.899, un médico sueco Henschen publica 2 artículos sobre el reconocimiento del corazón del atleta⁽¹⁾. El reconocimiento del corazón de atleta y el desarrollo del atletismo moderno de alto rendimiento y los elevados requerimientos de adaptación al ejercicio que precisa dicha actividad, vienen a confundirse en una mismo concepto. Henschen hizo su diagnóstico mediante técnicas sencillas como era la percusión del tórax. Citando a Henschen: *"De esto se desprende que el esquí provoca un aumento del tamaño del corazón, y este corazón agrandado puede hacer un mayor esfuerzo que el corazón normal. Hay, por lo tanto, un agrandamiento fisiológico del corazón debido a la actividad atlética: el corazón de atleta."*

Posteriormente, con la contribución de la radiología y de la electrocardiografía, se profundizó en el conocimiento de las adaptaciones del corazón al esfuerzo físico. Y finalmente la aparición en escena de la ecocardiografía en los años -70, en sus modos M y bidimensional, como herramienta diagnóstica permitieron evaluar más precisamente los cambios que aparecen en el corazón sometido a altas cargas de trabajo físico.

Los hallazgos anatómicos del corazón de atleta (el mayor espesor de las paredes ventriculares o hipertrofia ventricular) han sido relacionados con diferentes escenarios, como son: la sobrecarga hemodinámica, factores endocrinológicos (mayor secreción de hormonas como son catecolaminas, tiroxina, testosterona, hormona de crecimiento, ect), influencias genéticas, influencias ambientales.

La Hipertrofia ventricular queda definida por el aumento de la masa cardíaca^(2,3) en relación con la superficie corporal, en lo que se

denomina índice de masa corporal con un límite establecido en 125 grs/m², siendo "Re-modelamiento"⁽⁴⁾ el engrosamiento de la pared sin aumento real de la masa cardíaca.

Fisiopatología: El sistema cardiovascular tiene que adaptarse para poder satisfacer el aumento de las demandas de oxígeno y otros nutrientes a la musculatura en activo, siendo los principales actores de estos cambios el gasto cardíaco y la diferencia arteriovenosa de oxígeno, y que Fick expresó en una fórmula, en la que el Consumo de oxígeno (VO₂)= Gasto cardíaco x diferencia arteriovenosa de oxígeno. El Gasto cardíaco aumenta incrementándose la frecuencia cardíaca y el volumen sistólico, y en trabajos de tipo aeróbico este incremento puede pasar de 5 litros/minuto hasta 25 l/min., siendo este tipo de entrenamiento continuado el que induce mayores modificaciones morfológicas y funcionales en el miocardio. Siendo otros factores constitucionales como la edad, sexo, superficie corporal y otros factores genéticos, determinantes importantes también en el desarrollo de dichas modificaciones. Las adaptaciones centrales del corazón del deportista consisten fundamentalmente en la disminución de la frecuencia cardíaca, aumento del volumen de las cavidades cardíacas, mejora de la perfusión miocárdica y aumento del volumen latido.

Los mecanismos más aceptados para explicar la hipertrofia son la sobrecarga hemodinámica determinada por un mayor volumen plasmático en los deportistas, y el aumento de la poscarga propia de los ejercicios anaeróbicos, y así las sobrecargas de volumen determinan mayor volumen ventricular (hipertrofia excéntrica) y las sobrecargas de presión determinan mayor hipertrofia ventricular (hipertrofia concéntrica).

La regresión de las adaptaciones del corazón del atleta se lleva a cabo durante las primeras 12 semanas después de suspender la actividad y acontecen de forma paralela a la reducción del volumen plasmático que se opera en las personas que suspenden la actividad física intensa.

Determinaciones de la Hipertrofia ventricular en las pruebas de exploración complementaria:

La valoración de la Hipertrofia ventricular en el electrocardiograma se realiza en base a las siguientes variables:

- Índice de Sokolow: s en V_1 + R en $V_5 - V_6 \geq 3,5$ mV (35 mm).
- Criterio de Cornell: R en aVI + S en $V_3 \geq 2$ mV (30 mm).
- Índice de Lewis: $(RI + SIII) - (RIII + SI) > 1,7$ mV (17 mm).
- Puntuación de Romhilt-Estes: ≥ 5 puntos.

La valoración de la Hipertrofia en el estudio ecocardiográfico de la Hipertrofia de ventrículo izquierdo supone la presencia de un grosor de septo interventricular y/o pared posterior de VI > 11 mm., una masa cardiaca > 130 grs/ m^2 y diámetro telediastólico de VI > 55 mm y diámetro telesistólico de VI > 35 mm.

Objetivo del estudio

El Servicio Médico del Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid, incluye en su plan de trabajo, en el campo de la evaluación cardiológica La Ergometría como test diagnóstico, en el plan bienal de seguimiento de salud, obligatorio, para todo el personal operativo del parque central de bomberos de la Comunidad de Madrid.

Se ha observado una incidencia mayor de lo esperado en la presencia de alteraciones ECGs consistentes en infradesnivelación del segmento ST con el esfuerzo, en ergometrías de control realizadas en bomberos, estando asintomáticos y sin patología cardiovascular coronaria (ésta fue descartada mediante la realización de estudios ampliados con test ergométricos con infusión de isótopos y/o TAC coronario multicorte, o Ecocardiografía de stress).

Desde el año 2.009 hasta Octubre de 2011, se realizaron en nuestro Centro 1.143 test ergométricos, todos ellos han sido realizados por cardiólogos. Se realizaron otros estudios cardiológicos complementarios con Ecocardiografía 2D Doppler color, Holter ECG 24 h y Holter TA y TAC coronario Multicorte, en aquellos casos que requirieron específicamente ampliación de la evaluación cardiológica.

Estos hallazgos casuales del estudio ergométrico podrían estar relacionados con cambios estructurales que presentara nuestro per-

sonal (bomberos) por adaptación a programas de entrenamiento físico intensos (corazón del deportista). Estos cambios en el segmento ST sugerirían isquemia-stress parietal de VI, y podrían explicar procesos crónicos de mala adaptación, como la Hipertrofia ventricular izquierda (HVI) añadida a fibrosis miocárdica de predominio subendocárdico.

Material y métodos

Hemos recogido para nuestro estudio una muestra pequeña de 20 bomberos a los que se realizó estudio ergométrico y ecocardiografía 2D doppler color, y 16 personas en un grupo control, no bomberos, a las que se realizó estudio ergométrico y ecocardiográfico, ambos grupos se parearon por edad y sexo y las pruebas al grupo control se realizaron en un Servicio de cardiología independiente.



Las variables que se midieron fueron: Edad, Peso, Talla, y Factores de Riesgo cardiovascular. Se recogieron datos de la actividad física desarrollada (intensidad y duración -días a la semana y años de duración de dicha actividad-), y en la ergometría se registró la duración de la misma, la frecuencia cardiaca (FC) en reposo, la FC máxima, y la FC a los 3 minutos del inicio de la prueba; la tensión arterial (TA) en reposo y a la finalización del test, y los cambios apreciados en segmento ST en el esfuerzo. Así mismo se registró el voltaje basal máximo en las derivaciones precordiales. Se obtuvo también una evaluación ecocardiográfica transtorácica, en la que se registró el diámetro telediastólico del ventrículo izquierdo (DTDVI), el diámetro telesistólico de ventrículo izquierdo (DTSVI), el grosor del septo interventricular (SIV), el grosor de la pared posterior de ventrículo izquierdo (PPVI), la masa de ventrículo izquierdo y la Fracción de acortamiento de ventrículo izquierdo (FAS), así como la fracción de eyección de ventrículo izquierdo (FEVI).

El análisis estadístico aplicado a este estudio se realizó mediante SPSS y se compararon las medias, mediante la *T de Student* (significación estadística $p < 0.05$), se pretendía evaluar las diferencias del comportamiento de la variación del comportamiento del segmento ST en esfuerzo y otras variables como la TA, la FC, la anatomía cardiaca y el tipo de actividad física desarrollada. Además se realizó un estudio de Correlación de variables cuantitativas con el *Test r de Pearson* ($p < 0.05$) para evaluar los cambios en el desnivel del segmento ST con otras variables cuantitativas. Y finalmente, se realizó un análisis multivariante de variables predictoras de los cambios en el segmento ST en la ergometría (*regresión lineal*).

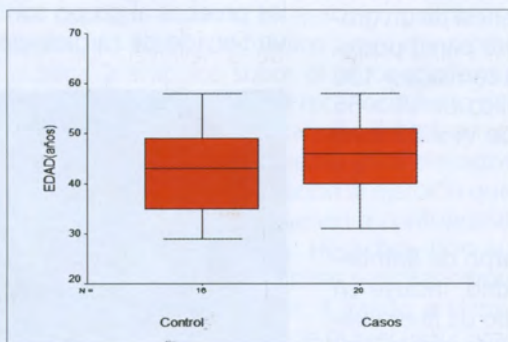


Fig. 1

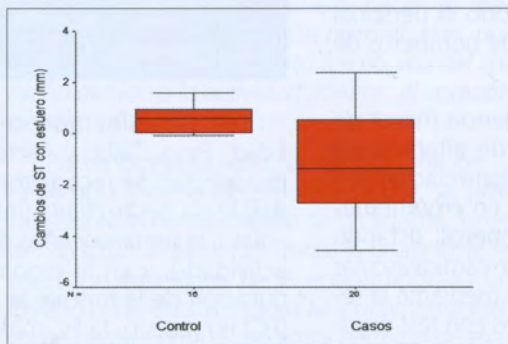


Fig. 2

Como podemos apreciar en este gráfico, la diferencia de edad entre ambos grupos no es significativa, y los cambios en el infradesnivel del segmento ST fueron significativamente mayores en el grupo de bomberos que en el grupo control, y el rango estaba entre +0,5 y -4,2 mm, con pendiente ascendente y pronta recuperación.

En estas dos gráficas se observa una diferencia significativa en el nivel de actividad física desarrollada por ambos grupos, siendo mucho mayor en el grupo de bomberos que en el grupo control, mientras que en la fig.

4 se muestra una diferencia en el voltaje de las derivaciones precordiales entre ambos grupos, siendo mayor en el grupo de bomberos, pero sin llegar a alcanzar significación estadística.

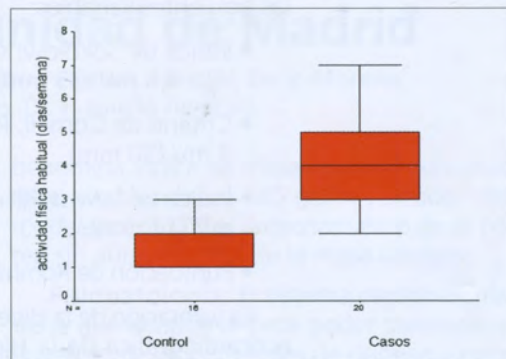


Fig. 3

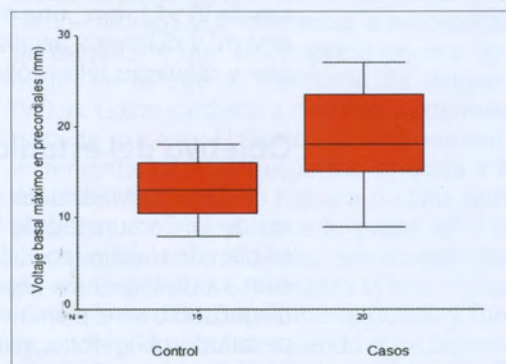


Fig. 4

En las figs. 5 y 6 apreciamos que la TA sistólica (TAS) es discretamente mayor en el grupo de personas con vida sedentaria, pero la diferencia entre el grupo de bomberos y el grupo control no llega a tener significación estadística. En la fig. 6 la FC en reposo es ligeramente mayor en el grupo control que en el de los bomberos, pero la $P > 0.05$ y por tanto no llega a ser significativa la diferencia.

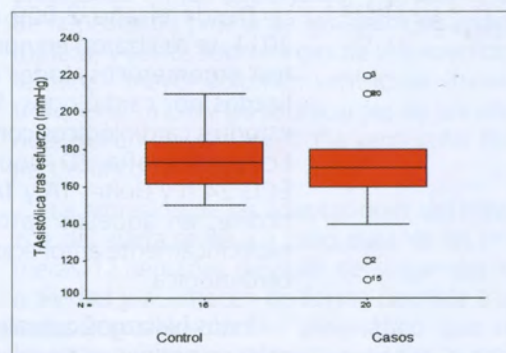


Fig. 5

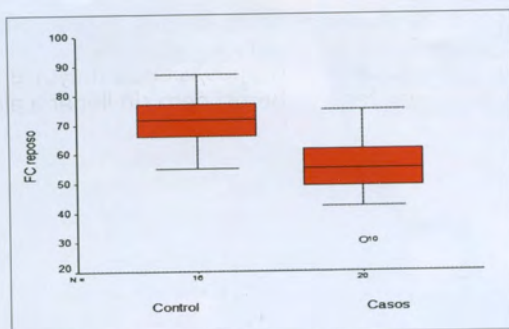


Fig. 6

Finalmente en la figura 7 podemos observar claramente como la diferencia entre las FC máximas alcanzadas en el test de ejercicio son mayores en el grupo de bomberos que en el grupo control, y esa diferencia alcanza significación estadística, explicándose por la mayor capacidad física de los individuos bien entrenados, capaces de desarrollar mayores cargas de trabajo y durante más tiempo.

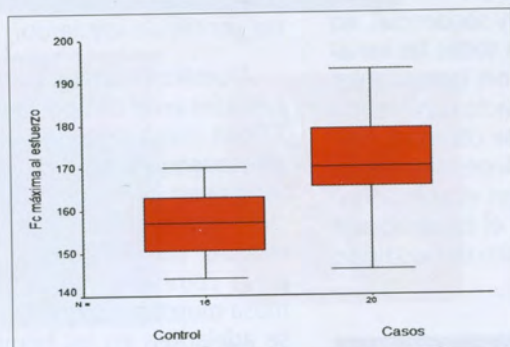


Fig. 7

En las gráficas de las figuras 8 y 9 se muestra que los cambios en el desnivel del segmento ST con el esfuerzo alcanzan significación estadística cuando se correlacionan con la edad, pero no sucede así cuando se estudian frente al voltaje máximo en derivaciones precordiales, donde la $p=0,112$.

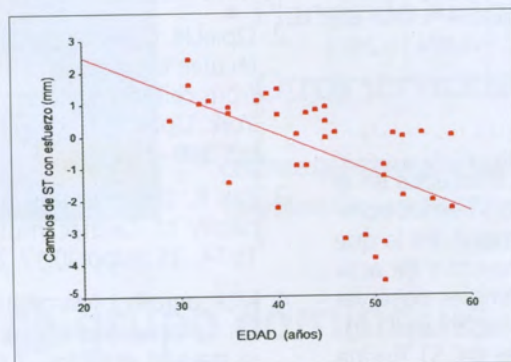


Fig. 8

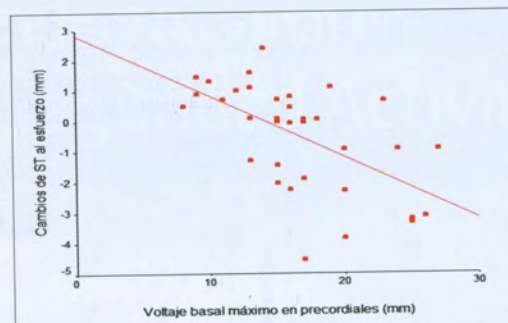


Fig. 9

En estos nuevos gráficos se muestra la correlación entre los cambios observados en el comportamiento del segmento ST y el grosor del septo interventricular (vemos como cuanto mayor es el grosor del septo interventricular más dispersión existe en los valores de la desnivelación del segmento ST, mayor desnivelación, pero no llega a alcanzar significación estadística siendo la $p=0.006$; mientras que en la figura 10 en la que se correlacionan dichos cambios en el segmento ST con el diámetro sistólico de VI en cm., a mayor diámetro del VI en sístole mayor agrupación, mayor correlación de valores y mayor desnivelación en el comportamiento del segmento ST, alcanzando significación estadística, con una $p=0.001$).

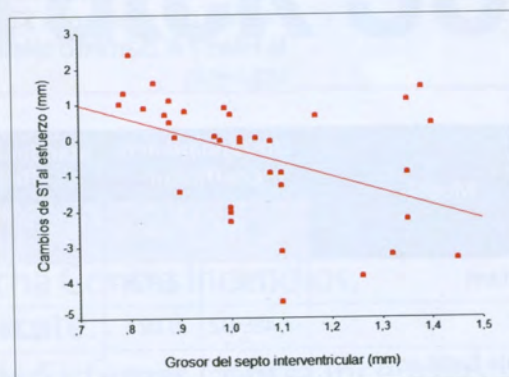


Fig. 10

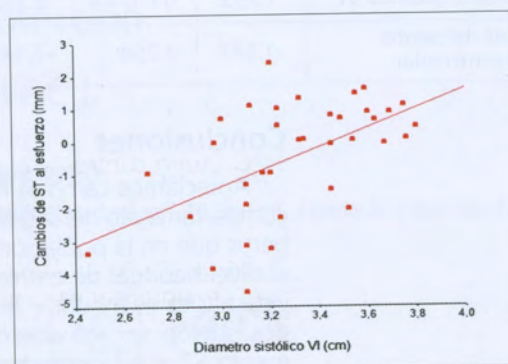


Fig. 11

Finalmente en la fig 12 se comprueba una vez más como el grosor de la pared posterior no se correlaciona con significación estadística con los cambios en el comportamiento del segmento ST.

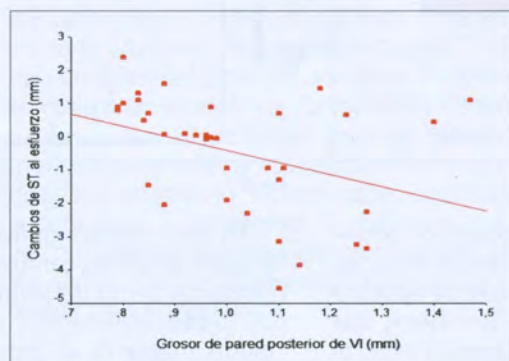


Fig. 12

Resultados

Cuando se realiza el análisis multivariante por regresión lineal múltiple y secuencial, en la primera fase se introducen todas las variables, y en la segunda fase con las variables que parecen tener mayor impacto o influencia en este modelo, observándose cómo las únicas variables predictoras independientes de los cambios que acontecen en el comportamiento del segmento ST con el esfuerzo son la Edad y el diámetro telesistólico de ventrículo izquierdo.

bendocárdica atribuida al mayor stress parietal del corazón del atleta.

El grado de infradesnivel del segmento ST se relaciona con la edad, el voltaje en las derivaciones precordiales y los cambios estructurales del corazón como por ejemplo el grosor parietal, pero no con el tamaño cardíaco.

En el grupo de los bomberos, aunque la edad es similar a la del grupo control, el grado de actividad física es netamente superior, y mayores son los cambios estructurales presentes, como el grosor de las paredes del ventrículo izquierdo, los cuales podrían explicar los mayores cambios en el comportamiento del segmento ST apreciados.

El análisis multivariante (regresión lineal múltiple) para aclarar los factores determinantes de estos cambios observados en el comportamiento del segmento ST con el stress, solo ha encontrado significación estadística ($p > 0.05$) como predictores independientes, con la edad y el diámetro telesistólico del ventrículo izquierdo.

Nuestra hipótesis es que los cambios observados en el comportamiento del segmento ST con el esfuerzo, son atribuibles a una mayor isquemia/stress subendocárdica, y que este fenómeno se magnifica con la edad (especialmente si existen factores de riesgo cardiovascular concomitantes), al disminuir la reserva coronaria (menor flujo por unidad de masa muscular), y quizás estas consecuencias se adelanten en los bomberos por el mayor grosor parietal de ventrículo izquierdo (remodelado cardíaco), fruto del desarrollo de una actividad física más intensa y desarrollada durante más años.

Bibliografía

1. Henschen, S. (1899) Skilanglauf und skiwettlauf. Eine medizinische sport studie. Mitt. Med. Klin. Uppsala, Jena.
2. Opie LH. Overload hypertrophy and its molecular biology. En: The heart physiology, from cell to circulation. Philadelphia-New-York, Lippincott-Raven, Chapter 23, 1998; pp. 391-418.
3. Zak R. Development and proliferative capacity of cardiac muscle cells. Circ Res 1974; 35 (suppl II):17-23.
4. Morganroth J, Maron BJ, Henry WL, Epstein SE: Comparative left ventricular dimensions in trained athletes. Ann Intern Med 82: 521-524, 1975.

Model	Unstandardized Coefficient		Standardized Coefficient		Sig
	B	Sts. error	Beta	t	
Constant	-.292	2,969		-0.098	0.922
Edad	-7,48E-02	0.027	-3.56	-2.793	0.009
Voltaje basal en precordiales	-8.41E-02	0.052	-2.46	-1.634	0.112
Diámetro sistólico VI	1.795	0.697	0.322	2.576	0.015
Grosor del septo interventricular	-1.347	1.254	-0.149	-1.074	0.291

Conclusiones

Apreciamos cambios más marcados en el comportamiento del segmento ST en los bomberos que en la población general, en la que el nivel habitual de entrenamiento y de actividad física es menor, y los cambios observados suelen ser infradesnivelación del segmento ST, y este infradesnivel del ST podría ser explicado por una relativa isquemia su-