

Original

Hallazgos electrocardiográficos más frecuentes en deportistas de la provincia de Córdoba

J.R. Gómez-Puerto^a, B.H. Viana-Montaner^a, M.L. Rivilla^a, E. Romo^b y M.E. Da Silva-Grigoletto^a

^aCentro Andaluz de Medicina del Deporte. Córdoba. España.

^bServicio de Cardiología. Hospital Reina Sofía. Córdoba. España.

Historia del artículo:

Recibido el 4 de febrero de 2011

Aceptado el 30 de junio de 2011

Palabras clave:

Electrocardiograma basal.

Deportes.

Alteraciones electrocardiográficas.

Key words:

Baseline electrocardiogram.

Sports.

Electrocardiographic abnormalities.

Correspondencia:

J.R. Gómez Puerto

Centro Andaluz de Medicina del Deporte.

Plaza de Vistalegre, s/n. Puerta Oeste.

14004 Córdoba.

Correo electrónico: joser.gomez.puerto@

juntadeandalucia.es

RESUMEN

Objetivo. Describir los hallazgos electrocardiográficos más frecuentes y relevantes de deportistas de diferentes modalidades de la provincia de Córdoba. Secundariamente aportar valores de normalidad de algunos parámetros electrocardiográficos de referencia.

Métodos. Se analizaron 1.200 electrocardiogramas (ECG) de reposo según los siguientes criterios: alteraciones del ritmo, anomalías de la conducción, complejo QRS, trastornos de la repolarización e intervalo QT. Además, se clasificaron los ECG en dos subgrupos: normales o con leves trastornos eléctricos y claramente anormales.

Resultados. Se observó un alto porcentaje de ritmos sinusales y de trastornos inespecíficos de la conducción intraventricular que afectan al QRS (77,7 y 37,8%, respectivamente). Por otra parte, los trastornos que afectan al intervalo PR presentaron un porcentaje escaso (4,2%) y los de la repolarización un 41,4%. El crecimiento ventricular izquierdo fue variable (25,7 a 54,4%) en función de los criterios de medida empleados; se observa una tendencia similar en las alteraciones de la onda T (32,4 frente a 18,3 frente al 11,3%). El QT corregido largo se halló en el 1,6% de los casos, siempre en hombres. El síndrome de Wolff-Parkinson-White (WPW) sólo se encontró en el 0,3% de los casos. Los ECG claramente anormales fueron del 36,2%. Estos resultados se han expresado también en relación con la edad, el sexo y la modalidad deportiva.

Conclusiones. El trastorno de la repolarización fue el hallazgo más frecuente, seguido de los trastornos inespecíficos de la conducción intraventricular, observándose mayor frecuencia en niños y en practicantes de deportes con predominio de componente dinámico moderado. También se encontró un alto porcentaje de ECG claramente anormales. Además, se deriva que, de los tres criterios empleados para el análisis de las modificaciones del voltaje (QRS), el propuesto en este trabajo representa un umbral más alto para la clasificación de positividad.

© 2011 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

More frequent electrocardiographic findings in athletes in the province of Cordoba

Objective. To describe the most frequent and important electrocardiographic findings in athletes of different modalities in the province of Cordoba. Also to provide normality values for some reference electrocardiographic parameters.

Methods. A total of 1,200 electrocardiograms (ECGs) at rest were analyzed according to the following criteria: rhythm abnormalities, conduction changes, QRS complex, repolarization changes and QT interval. In addition, they classified the ECGs into two subgroups: normal or with mild electrical disorders and clearly abnormal.

Results. A high percentage of sinus rhythms and nonspecific disorders of the intraventricular conduction that affect the QRS (77.7 and 37.8%, respectively) were observed. On the other hand, the disorders that affect the PR interval showed a scarce percentage (4.2%) and those of repolarization 41.4%. Left ventricular growth was variable (25.7 to 54.4%) based on the measurement criteria used. A similar tendency was observed in the T wave changes (32.4 versus 18.3 versus 11.3%). Corrected long QT was found in 1.6% of the cases, always in men. The Wolff-Parkinson-White Syndrome (WPW) was only found in 0.3% of the cases. There were 36.2% clearly abnormal ECGs. These results have also been stated in relation to age, gender and sport's modality.

Conclusions. The repolarization disorder was the most frequent finding, followed by nonspecific disorders of intraventricular conduction. Greater frequency was observed in children and those practicing sports with predominance of moderate dynamic component. A high percentage of clearly abnormal ECGs was also found. In addition, it is derived that from the three criteria used for the analysis of the voltage changes (QRS), the proposal in this work represents a higher threshold for the classifications of positivity.

© 2011 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Introducción

La motivación hacia la práctica deportiva es cada vez mayor, dados los diversos beneficios asociados a la realización de una actividad física regular, y sobre los que hoy día nadie se plantea dudas^{1,2}.

No obstante, la muerte súbita (MS) en deportistas, aun siendo de escasa incidencia, es un acontecimiento de gran repercusión social y médica^{3,4}, y constituye uno de los sucesos más impactantes, al ocurrir en individuos generalmente jóvenes y en los que se supone un estado de salud ideal⁵. Igualmente, es bien conocido que la mayoría de casos de MS se deben a alguna anomalía cardiovascular⁶⁻⁸ y, aunque posiblemente las cifras publicadas infravaloran la magnitud del problema⁹, en la literatura encontramos escasos trabajos con datos referentes a España¹⁰.

Los reconocimientos médicos antes de practicar un deporte son convenientes y necesarios¹⁰, aunque los protocolos que se deben utilizar son motivo de controversia^{3,11} y debate por el costo-beneficio de las estrategias para identificar enfermedades cardíacas potencialmente letales^{7,12}. De hecho, en los años 80 y 90, se establecieron procedimientos de valoración de la aptitud mediante cuestionarios, generalmente autoadministrados, mucho más económicos^{13,14}. Según Pons¹⁵, el reconocimiento cardiológico, previo a la actividad deportiva, debe constituir una parte del reconocimiento médico global. A su vez, el reconocimiento cardiológico básico debería incluir una anamnesis exhaustiva, exploración física, electrocardiograma (ECG) de reposo de 12 derivaciones y prueba de esfuerzo, al menos submáxima⁵.

De la misma manera, la utilización del ECG de reposo también es objeto de polémica. Por un lado, diversas organizaciones estadounidenses han propuesto un tipo de reconocimiento tan sencillo que no lo incluye, existiendo autores¹⁶⁻¹⁸ que desaconsejan su uso rutinario por motivos económicos y su escasa capacidad para detectar anomalías cardíacas, especialmente las que pueden provocar MS. Si bien la guía de la *American Heart Association*⁷, sobre *screening* preparticipación en jóvenes atletas, aún está vigente, no cuenta con el apoyo de la mayoría de los expertos en cardiología y medicina del deporte, quienes avalan y aconsejan la adopción de un test de *screening* cardiovascular más completo, que incluya un ECG basal como parte fundamental del reconocimiento previo^{9,11,12,19-22}.

En contraposición al anterior planteamiento, la organización médico-deportiva italiana propugna, desde los años 70, un procedimiento diagnóstico previo a la práctica deportiva que incluye como mínimo la realización de un examen médico general, un ECG de 12 derivaciones y un test submáximo de esfuerzo, con tests adicionales si existe sospecha de patología cardíaca. En caso de atletas de élite incluyen también ecodoppler cardíaco²². En España, aún sin existir la obligatoriedad del ECG en el reconocimiento deportivo básico y sin ser exigida por la totalidad de las federaciones deportivas, para expedir las correspondientes licencias federativas, la Sociedad Española de Cardiología y la *European Society of Cardiology*, recomiendan un protocolo intermedio entre ambos modelos que incluye, como básico, la realización de un ECG de reposo^{5,23}.

Los efectos y cambios encontrados en el ECG del deportista, desde los años 60, han sido considerados como expresión de las adaptaciones morfológicas y funcionales del corazón entrenado, y de forma específica con el mayor predominio del tono vagal²⁴⁻²⁶, mostrando, con frecuencia, patrones anómalos²⁷ sugestivos de adaptación al entrenamiento y también de patología cardíaca. Corrado et al²⁸ informan de la alta eficacia del ECG de reposo sobre la tasa de muerte cardiovascular en jóvenes deportistas de competición de entre 12 y 35 años de edad.

Por todo lo anteriormente expresado, es clara la utilidad del ECG de reposo en el reconocimiento médico para la aptitud deportiva, apoyándose el uso extensivo del mismo en los programas de evaluación sistemática sobre los atletas de élite como los que se llevan a cabo en Italia²². Se sabe que el ECG permite conocer las múltiples variantes electrocardiográficas de los deportistas (por ejemplo, trastornos en la conducción, modificaciones del QRS y trastornos de la repolarización)^{19,29-31}, informa de su relevancia clínica y pronóstico¹⁹ y permite saber las características del síndrome del corazón del deportista y su diagnóstico diferencial con hipertrofias patológicas^{24,25,32}. En este sentido, Corrado et al²⁰ describieron que un programa de cribado, basado en el ECG, es un medio eficiente para detectar miocardiopatía hipertrófica (ECG anormal en el 90% de los casos) en la población de atletas jóvenes.

Después de revisar la literatura científica, no se han encontrado datos referentes a alteraciones electrocardiográficas y variantes de la normalidad en la población deportiva andaluza. El objetivo del presente estudio ha sido analizar los ECG realizados a deportistas de la provincia de Córdoba de diferentes modalidades, con el propósito de describir, de forma crítica, los hallazgos electrocardiográficos más frecuentes y relevantes; y secundariamente establecer y aportar valores de normalidad de algunos parámetros electrocardiográficos, que puedan servir de referencia.

Métodos

Participantes

Se han valorado, durante el período 2006-2010, los ECG de reposo de 1.200 deportistas de ambos sexos, siendo el 71,2% hombres y el 28,8% mujeres (< 10 años: n = 44, 10-19 años: n = 662, 20-29 años: n = 267, 30-39: n = 137, 40-49 años: n = 73, ≥ 50 años: n = 17) que realizaron el reconocimiento médico-deportivo en el Centro Andaluz de Medicina del Deporte de Córdoba. Los participantes practicaban distintas modalidades deportivas (más de 30 disciplinas) con diferentes niveles de rendimiento y dedicación, todos ellos deportistas federados. Los deportes más practicados fueron los que tenían un componente dinámico alto sobre los de bajo y moderado (80,9 frente a 19,1%; p < 0,001) y, de entre ellos, los más representativos fueron la natación y el atletismo. La edad media fue de 24,0 ± 15,6 años, 64,9 ± 5,4 kg de peso y 166,8 ± 0,4 cm de estatura. Por otra parte, la edad media de los hombres de la muestra fue mayor que la de las mujeres (30,4 frente a 25,0 años; p < 0,05). Todos los deportistas firmaron el consentimiento informado, conforme a lo obligado por la Ley de Protección de Datos³³, aprobado por la Comisión de Ética e Investigación del Centro Andaluz de Medicina del Deporte, y estuvieron de acuerdo con los criterios para investigación de la Declaración de Helsinki.

Procedimientos

Se ha realizado un estudio descriptivo transversal de la lectura e interpretación de los ECG realizados a los deportistas participantes en el presente estudio. El ECG se realiza de forma sistemática y forma parte de un reconocimiento médico-deportivo más amplio, realizándose según la técnica estándar^{34,35}. Se ha utilizado un electrocardiógrafo (Philips, PageWriter 10, Ámsterdam, Bélgica) de doce derivaciones a 25 mm/s.

El análisis de los resultados se expresó teniendo en cuenta la edad (≤ 14 años y > 14 años), el sexo (hombres y mujeres) y la modalidad deportiva, según el componente dinámico (bajo, moderado y alto)³⁶. Para el

estudio de cada uno de los hallazgos electrocardiográficos encontrados se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

Alteraciones de la frecuencia cardiaca y del ritmo

- 1) Frecuencia cardiaca normal: 61-99 latidos por minuto.
- 2) Bradicardia sinusal (BS): a) leve: 51-60 latidos por minuto; b) moderada: 41-50 latidos por minuto y c) severa: ≤ 40 latidos por minuto.
- 3) Otros ritmos: arritmia sinusal fisiológica respiratoria, marcapasos migratorio, ritmo auricular, nodal o de la unión, extrasístoles supra-ventriculares o ventriculares, taquiarritmias.

Eje (QRS)

Desviación del eje en el plano frontal: derecho ($\geq +120^\circ$) o izquierdo (entre -30 y -90°)²³.

Anormalidades de la conducción

- 1) Conducción aurículo-ventricular (AV)²³:
 - a) intervalo PR corto < 120 ms.
 - b) bloqueo AV de primer grado PR ≥ 210 ms.
 - c) bloqueo AV de segundo grado (Mobitz I y II).
 - d) bloqueo AV de tercer grado (completo).
- 2) Conducción intraventricular²³:
 - a) Bloqueo completo (BC) de rama derecha o izquierda: QRS ≥ 120 ms.
 - b) Bloqueo incompleto de rama derecha (grado II): onda R o R' en V₁ $\geq 0,5$ mv de amplitud y relación R/S ≥ 1 , o eje QRS $> 90^\circ$, duración del QRS entre 110-119 ms y retraso en la conducción de la segunda parte del QRS.
 - c) Bloqueo incompleto de rama derecha grado I y/o trastornos inespecíficos de la conducción intraventricular (TICIV): morfología no típica del bloqueo grado II, con duración del QRS dentro de la normalidad (hasta 110 ms), eje normal, muescas y melladuras en el QRS en V₁, V₂ y derivaciones II, III y aVF.
 - d) Hemibloqueo fascicular anterior izquierdo: eje izquierdo (a menos de -30°), QRS negativo en II y S terminal en V₆.
 - e) Hemibloqueo fascicular posterior izquierdo: eje derecho en ausencia de hipertrofia ventricular derecha, onda q en II, III y aVF.
 - f) Bloqueo bifascicular: bloqueo de rama derecha (completo o incompleto) + hemibloqueo fascicular anterior izquierdo o hemibloqueo fascicular posterior izquierdo.

Complejo QRS (modificaciones en el voltaje)

Estas modificaciones se refieren a crecimientos ventriculares izquierdos, por criterios de voltaje. Se han analizado tres criterios diferentes de medida:

- 1) Sokolow y Lyon (1949)³⁷: onda Sv₁ + Rv_{5,6} > 35 mm.
- 2) Kannel et al (1970, 1969)^{38,39}: onda Sv_{1,2} + Rv_{5,6} ≥ 35 mm.
- 3) Gómez-Puerto et al (2011)⁴⁰: onda Sv_{1,2,3} + Rv_{4,5,6} ≥ 48 mm.

Trastornos de la repolarización

- 1) Segmento ST: patrón de repolarización precoz (ascenso del segmento ST ≥ 2 mm), en dos o más derivaciones²⁷.
- 2) Descenso del segmento ST con cambios en la onda T²³.
- 3) Ondas T: vagotónicas ≥ 10 mm, en dos o más derivaciones²⁷.
- 4) Ondas T: aplanadas o invertidas en dos o más derivaciones²³.
- 5) Ondas T: invertidas ≥ 2 mm, en dos o más derivaciones consecutivas⁴¹.
- 6) Ondas T: aplanadas o invertidas en tres o más derivaciones consecutivas⁴⁰.

Intervalo QT corregido (QTc)

- 1) Alargamiento del intervalo QTc por la frecuencia cardiaca > 440 ms en hombres y > 460 ms en mujeres²³.
- 2) Alargamiento del intervalo QTc por la frecuencia cardiaca > 450 ms en hombres y > 470 ms en mujeres; y para los niños > 460 ms^{42,43}.

Clasificación de los electrocardiogramas

La clasificación de los ECG se ha realizado según la trascendencia médica de las alteraciones encontradas. Se han clasificado en dos subgrupos: normales o con leves trastornos eléctricos y claramente anormales. Los criterios de positividad utilizados están basados en los referidos por Corrado et al^{20,23}, Pelliccia et al²⁷ y Goldenberg et al⁴². Además, adicionalmente, se han utilizado para su mejor análisis y estudio otros criterios de lectura e interpretación del ECG propuestos por nuestro grupo⁴⁰. La totalidad de los criterios para considerarlos como "claramente anormales" se describen a continuación:

- 1) BS severa (≤ 40 lpm).
- 2) Intervalo PR ≥ 240 ms.
- 3) Complejo QRS ≥ 48 mm.
- 4) Ondas T aplanadas o invertidas en 3 o más derivaciones consecutivas.
- 5) BC de rama (derecha o izquierda).
- 6) Hemibloqueo fascicular anterior izquierdo.
- 7) Hemibloqueo fascicular posterior izquierdo.
- 8) QTc: niños > 460 ms; hombres > 450 ms; mujeres > 470 ms.
- 9) Síndrome de Brugada.
- 10) Síndrome de Wolff-Parkinson-White (WPW).

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se expresaron como media y desviación estándar (DE) para variables cuantitativas y como porcentaje para variables cualitativas. Igualmente se han realizado percentiles de la medida del complejo QRS y del QTc. La normalidad de la muestra fue comprobada con el test de Kolmogórov-Smirnov. La posible relación entre variables fue verificada utilizando tablas de contingencia y la prueba de ji cuadrado. Además, para la comparación de medias, se han utilizado el test de la "t" de Student y la ANOVA de una vía, cuando se compararon tres grupos; en este caso, se ha realizado la corrección de Bonferroni. El nivel de significación aceptado fue de $p < 0,05$. La comprobación de los criterios de positividad de los ECG fue realizada mediante una sintaxis específica. Todos los análisis y procedimientos estadísticos se han efectuado con el *Statistical Package for the Social Sciences 17.0* (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Resultados

Como se observa en las tablas 1, 2 y 3, del total de la muestra, la mayoría de los participantes mostró en el ECG un ritmo sinusal. Los trastornos de la conducción que afectan al intervalo PR presentan un escaso porcentaje (4,2%), no encontrándose bloqueos AV de tercer grado. Dentro de los trastornos de la conducción que afectan al QRS se detecta un gran porcentaje de los TICIV (37,8%), siendo los demás hallazgos mucho menos frecuentes. En cuanto a los trastornos de la repolarización, estos representan un porcentaje muy elevado (41,4%), aunque no se detectaron casos de infradesnivelación del segmento ST. El porcentaje del síndrome de WPW fue bajo (0,3%). Por último, la media del QTc no llegó a los 400 ms.

Tabla 1

Porcentaje de alteraciones electrocardiográficas, por sexo, en deportistas de la provincia de Córdoba (n = 1.200). Los valores son número de casos (porcentaje), excepto QTc que es media (\pm desviación estándar)

	Todos (n = 1.200)	Hombres (n = 854)	Mujeres (n = 346)
Bradicardia sinusal severa	14 (1,2%)	14 (1,6%)	0 (0,0%)*
Ritmo sinusal (normal)	933 (77,8%)	679 (79,5%)	254 (73,4%)*
Otros ritmos	267 (22,3%)	175 (20,5%)	92 (26,6%)*
Bloqueo AV 1 ^{er} grado	37 (3,1%)	35 (4,1%)	2 (0,6%)*
Bloqueo AV 2 ^o (Mobitz I)	2 (0,2%)	2 (0,2%)	0 (0,0%)
Intervalo PR corto	11 (0,9%)	9 (1,1%)	2 (0,6%)
BIR derecha I y/o TICIV	453 (37,8%)	325 (38,1%)	128 (37,0%)
BIR derecha (II)	43 (3,6%)	39 (4,6%)	4 (1,2%)*
BCR derecha (III)	3 (0,3%)	3 (0,4%)	0 (0,0%)
HB anterior izquierdo	5 (0,4%)	4 (0,5%)	1 (0,3%)
Bloqueo bifascicular	7 (0,6%)	5 (0,6%)	2 (0,6%)
Trastornos de repolarización	497 (41,4%)	362 (42,4%)	135 (39,0%)
Wolff-Parkinson-White (WPW)	3 (0,25%)	3 (0,35%)	0 (0,0%)
QT corregido (milisegundos)	399,6 (\pm 22,6)	396,4 (\pm 22,7)	407,3 (\pm 20,5)*

AV: aurículo-ventricular; BCR: bloqueo completo de rama; BIR: bloqueo incompleto de rama; HB: hemibloqueo; TICIV: trastornos inespecíficos de la conducción intraventricular. *Diferencia significativa ($p < 0,05$) entre hombres y mujeres.

Tabla 2

Porcentaje de alteraciones electrocardiográficas por edad, en deportistas de la provincia de Córdoba (n = 1.200). Los valores son número de casos (porcentaje), excepto QTc que es media (\pm desviación estándar)

	Todos (n = 1.200)	Niños (n = 470)	Adultos (n = 730)
Bradicardia sinusal severa	14 (1,2%)	0 (0,0%)	14 (1,9%)*
Ritmo sinusal (normal)	933 (77,8%)	319 (71,2%)	614 (85,5%)*
Otros ritmos	267 (22,3%)	151 (33,7%)	116 (16,2%)*
Bloqueo AV 1 ^{er} grado	37 (3,1%)	1 (0,2%)	33 (4,6%)*
Bloqueo AV 2 ^o (Mobitz I)	2 (0,2%)	0 (0,0%)	2 (0,3%)
Intervalo PR corto	11 (0,9%)	4 (0,9%)	7 (1,0%)
BIR derecha I y/o TICIV	453 (37,8%)	216 (48,2%)	237 (33,0%)*
BIR derecha (II)	43 (3,6%)	10 (2,2%)	33 (4,6%)*
BCR derecha (III)	3 (0,3%)	0 (0,0%)	3 (0,4%)
HB anterior izquierdo	5 (0,4%)	3 (0,7%)	2 (0,3%)
Bloqueo bifascicular	7 (0,6%)	1 (0,2%)	6 (0,8%)
Trastornos de repolarización	497 (41,4%)	184 (41,1%)	313 (43,6%)
Wolff-Parkinson-White (WPW)	3 (0,3%)	1 (0,2%)	2 (0,3%)
QT corregido (milisegundos)	399,6 (\pm 22,6)	403,9 (\pm 20,4)	396,8 (\pm 23,5)*

AV: aurículo-ventricular; BIR: bloqueo incompleto de rama; BCR: bloqueo completo de rama; HB: hemibloqueo; TICIV: trastornos inespecíficos de la conducción intraventricular. *Diferencia significativa ($p < 0,05$) entre niños y adultos.

El crecimiento ventricular izquierdo (CVI) (criterios de voltaje) varió entre el 25,7 y el 54,4%, según el criterio de medida empleado (tabla 4). Por cualquiera de los métodos utilizados el porcentaje fue mayor en hombres (40,6 frente a 64,1 frente a 32,3%) y en los deportistas que practicaban disciplinas deportivas con alto componente dinámico (35,7 frente a 57,2%), excepto si tenemos en cuenta el criterio de nuestro grupo⁴⁰ (27,2%) utilizado en este estudio, en cuyo caso son similares los porcentajes de los deportes con bajo y alto componente dinámico.

En la tabla 5 se muestran los percentiles del sumatorio del voltaje del complejo QRS, considerando el sumatorio de la onda S de mayor voltaje en $V_{1,2,3}$ + onda R de mayor voltaje en $V_{4,5,6}$.

En lo referente a las alteraciones de la onda T, los tres criterios utilizados se muestran en la figura 1 (32,4 frente a 18,3 frente al 11,3%).

Los percentiles del QTc, según el nivel de intensidad del componente dinámico del deporte practicado, se presentan en la tabla 6.

En lo relativo al QTc largo, en nuestra muestra hemos encontrado un porcentaje global del 1,6%, siendo la totalidad en hombres, con una importante diferencia de los niños respecto de los adultos (2,1 frente a 1,2%). Y atendiendo a criterios más recientes propuestos por Goldenberg et al^{42,43}, el porcentaje de QTc largo en niños y mujeres fue nulo y sólo de un 0,3% en hombres (2 casos). Finalmente, en nuestro estudio no hemos encontrado casos de QTc corto.

En cuanto al síndrome de Brugada, se encontraron 2 casos de "pseudo Brugada" (sin confirmar con test de provocación farmacológica).

El porcentaje del síndrome de WPW fue muy escaso (0,3%), presentándose exclusivamente en hombres, dos adultos (0,3%) y un niño (0,2%). Dos de los tres casos se observaron en modalidades deportivas con componente dinámico bajo (2,4%) y el tercero en modalidades con componente dinámico alto (0,1%).

De forma global, los ECG claramente anormales hallados en el presente estudio, siguiendo la clasificación reflejada en la metodología, fueron del 36,2%, lo que denota la importancia de este hallazgo (fig. 2).

Discusión

El principal hallazgo del presente estudio ha sido el alto porcentaje de alteraciones electrocardiográficas relacionadas con la repolarización (41,4%) en el ECG basal de la muestra, incluyendo el segmento ST y la onda T. En segundo lugar, destacan los trastornos inespecíficos de la conducción intraventricular, siendo estos mucho más habituales en los niños y en las disciplinas deportivas en que predomina el componente dinámico moderado.

El ECG de reposo muestra diversas alteraciones de la frecuencia cardíaca y del ritmo como resultado de un aumento en la relación del tono parasimpático/simpático asociadas con el acondicionamiento aeróbico. La más común de estas es, sin duda, la BS^{24,25}, resultado de un cambio adaptativo fisiológico que refleja el nivel del acondicionamiento atlético⁴⁴. Aunque en deportes con predominio aeróbico pueden observarse bradicardias sinusales moderadas con relativa frecuencia, la presencia de bradicardias severas es poco común⁴⁵. De forma similar, nuestro estudio muestra un porcentaje de BS severa del 1,2%, presente exclusivamente en deportistas masculinos adultos practicantes de deportes con alto componente dinámico. El estudio de Sofi et al⁴⁶ concuerda con el presente en la diferencia de casos de BS severa entre sexos. No obstante, los citados autores⁴⁶ hallaron un porcentaje global de BS severa mayor al nuestro (2,9%), al igual que Swiatowiec et al⁴⁷ (5,5%). Si tenemos en cuenta la BS moderada y severa conjuntamente, el estudio de Boraita y Serratos²⁵ muestra valores superiores a los nuestros (17,5 frente a 10,7%). Más aún, al incluir la BS leve en la comparación observamos que otros autores (Swiatowiec et al⁴⁷, Sharma et al⁴⁸, Balady et al²⁹), muestran valores muy superiores a los nuestros (75,3%, 80% y 77%, respectivamente frente a 36,5%). Las discrepancias observadas en los diversos estudios pueden deberse, por una parte, a la diferencia en el nivel competitivo y, por otra, a la edad de la muestra. No se hallaron casos de BS severa en los niños del presente estudio. Por otra parte, sí se encontraron casos de BS inferiores

Tabla 3

Porcentaje de alteraciones electrocardiográficas, según el componente dinámico del deporte practicado, en deportistas de la provincia de Córdoba (n = 1.200). Los valores son número de casos (porcentaje), excepto QTc que es media (\pm desviación estándar)

	Todos (n = 1.200)	Bajo (n = 84)	Moderado (n = 145)	Alto (n = 971)
Bradicardia sinusal severa	14 (1,2%)	0 (0,0%) ^a	0 (0,0%) ^a	14 (1,4%) ^{b,c}
Ritmo sinusal (normal)	933 (77,7%)	59 (70,2%) ^{a,c}	115 (79,3%) ^b	759 (78,2%) ^b
Otros ritmos	267 (22,3%)	25 (29,8%) ^{a,c}	30 (20,7%) ^b	212 (21,8%) ^b
Bloqueo AV 1 ^{er} grado	37 (3,1%)	1 (1,2%) ^{a,c}	1 (0,7%) ^b	35 (3,6%) ^{b,c}
Bloqueo AV 2 ^o (Mobitz I)	2 (0,2%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (0,2%)
Intervalo PR Corto	11 (0,9%)	3 (3,6%) ^{a,c}	3 (2,1%) ^{a,b}	5 (0,5%) ^{b,c}
BIR derecha I y/o TICIV	453 (37,8%)	23 (27,4%) ^c	57 (39,3%) ^{a,b}	273 (28,1%) ^c
BIR derecha (II)	43 (3,6%)	2 (2,4%) ^a	4 (2,8%) ^a	37 (3,8%) ^{b,c}
BCR derecha (III)	3 (0,3%)	0 (0,0%) ^a	0 (0,0%) ^a	3 (0,3%) ^{b,c}
HB anterior izquierdo	5 (0,4%)	1 (1,2%) ^{a,c}	0 (0,0%) ^{a,b}	4 (0,4%) ^{b,c}
Bloqueo bifascicular	7 (0,6%)	0 (0,0%) ^{a,c}	3 (2,1%) ^{a,b}	4 (0,4%) ^{b,c}
Trastornos de repolarización	497 (41,4%)	21 (25,0%) ^{a,c}	67 (46,2%) ^{a,b}	409 (42,1%) ^{b,c}
Wolff-Parkinson-White (WPW)	3 (0,3%)	2 (2,4%) ^{a,c}	0 (0,0%) ^b	1 (0,1%) ^b
QT corregido (milisegundos)	399,6 (\pm 22,6)	398,5 (\pm 24,5) ^c	405,8 (\pm 20,6) ^{a,b}	398,7 (\pm 22,6) ^c

AV: aurículo-ventricular; BIR: bloqueo incompleto de rama; BCR: bloqueo completo de rama; HB: hemibloqueo; TICIV: trastornos inespecíficos de la conducción intraventricular.

^aDiferencia significativa (p < 0,05) en relación a componente dinámico alto.

^bDiferencia significativa (p < 0,05) en relación a componente dinámico bajo.

^cDiferencia significativa (p < 0,05) en relación a componente dinámico moderado.

Tabla 4

Casos de crecimiento ventricular izquierdo por criterios de voltaje, según diferentes propuestas de medida, expresadas por sexo, edad y componente dinámico de la modalidad deportiva

Criterios de medida del QRS	Global	Sexo		Edad		Componente dinámico		
		Hombres	Mujeres	Niños	Adultos	Bajo	Moderado	Alto
Sokolow y Lyon ³⁷	404 (33,7%)	347 (40,6%) ^{b,c}	57 (16,5%) ^{b,c,d}	156 (33,2%) ^{b,c}	248 (34,0%) ^{b,c}	27 (32,1%) ^b	30 (20,7%) ^{b,c,e}	347 (35,7%) ^{b,c}
Kannel et al ^{38,39}	653 (54,4%)	547 (64,1%) ^{a,c}	106 (30,6%) ^{a,c,d}	256 (54,5%) ^{a,c}	397 (54,4%) ^{a,c}	42 (50,0%) ^{a,c}	56 (38,6%) ^{a,c,e}	555 (57,2%) ^{a,c}
Gómez-Puerto et al ⁴⁰	308 (25,7%)	279 (32,3%) ^{a,b}	29 (8,4%) ^{a,b,d}	121 (25,7%) ^{a,b}	187 (25,6%) ^{a,b}	24 (28,6%) ^b	20 (13,8%) ^{a,b,e}	264 (27,2%) ^{a,b}
Número de sujetos	1.200	854	346	470	730	84	145	971

Los valores son: número de casos (porcentaje).

^aDiferencia significativa (p < 0,05) para Sokolow y Lyon³⁷.

^bDiferencia significativa (p < 0,05) para Kannel et al^{38,39}.

^cDiferencia significativa (p < 0,05) para Gómez-Puerto et al⁴⁰.

^dDiferencia significativa (p < 0,05) entre hombres y mujeres.

^eDiferencia significativa (p < 0,05) entre bajo/alto y moderado componente dinámico.

Tabla 5

Percentiles del sumatorio del voltaje de la mayor onda Sv_{1,2,3} + Rv_{4,5,6} del complejo QRS

Percentil	5	10	25	50	75	90	95
Valor del complejo QRS (mm)	23,00	26,00	32,00	40,00	48,00	55,00	59,00

a 50 o 60 lpm; en ambas circunstancias la presencia de BS mostró diferencias estadísticamente significativas con respecto a los adultos.

Los datos hallados en la literatura respecto a los trastornos de la conducción AV son muy variados. Según Boraita y Serratos²⁵, aunque el alargamiento del intervalo PR puede estar relacionado con la hipertensión vagal, la aparición de bloqueos AV de primer grado y de segundo grado tipo I (Mobitz) depende en gran medida de la susceptibilidad del deportista. En el presente estudio, se ha hallado un porcentaje global de bloqueo AV de primer grado del 3,1%, valor muy superior al encontrado por otros autores^{46,25}. No obstante, otros investigadores encuentran valores que se aproximan más al nuestro³¹ e incluso superiores^{29,48}. Al analizar los resultados por sexo, mientras que Sofi et al⁴⁶ no hallan diferencias significativas, tanto en el estudio de Boraita y Serratos²⁵ como en el presente, se observa un porcentaje significativamente mayor en los hombres. Con respecto a la edad, se observa un porcentaje significativamente mayor en adultos (4,6 frente a 0,2%), lo que puede deberse a un mayor número de años de práctica deportiva y por consiguiente una mayor adaptación cardíaca. Las disciplinas deportivas con alto compo-

nente dinámico mostraron un porcentaje significativamente mayor al resto, posiblemente debido a un mayor tono vagal. Como cabe esperar, el bloqueo AV de segundo grado tipo I (fenómeno de Wenckebach) es un hallazgo menos frecuente que el de primer grado, siendo en el presente estudio del 0,2%, valor idéntico al aportado por Sharma et al⁴⁸. Otros estudios reflejan valores diferentes, tanto menores⁴⁶ como mayores²⁵. Todos los casos de bloqueos AV de segundo grado tipo I se observaron en el grupo de los adultos masculinos, estando además relacionados con las disciplinas deportivas con alto componente dinámico. Al igual que sucede con las BS y los bloqueos AV de primer grado, este tipo de alteración electrocardiográfica probablemente sea debida al predominio del tono vagal.

El porcentaje de BC de rama derecha observado en el presente estudio fue del 0,3%, cifra muy inferior a la ofrecida por otros autores^{46,47,49}. Otros investigadores^{31,48}, sin embargo, encuentran valores similares. En consonancia con el estudio de Douglas et al³² hemos hallado este trastorno sólo en hombres y en disciplinas con componente dinámico alto. Tampoco se encontró este trastorno en niños. Los hallazgos de BIR dere-

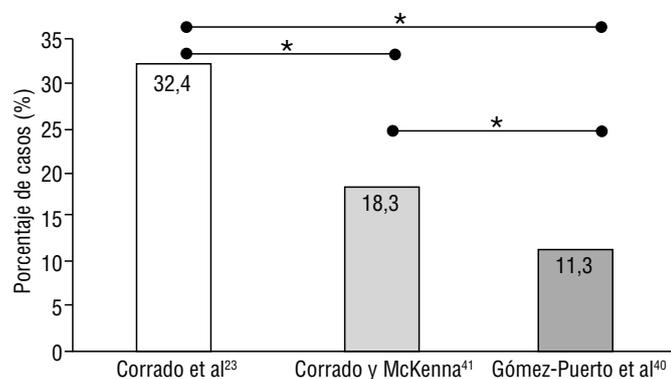


Fig. 1. Porcentaje de ondas T aplanadas o invertidas, según diferentes criterios. *Diferencias significativas para $p \leq 0,05$ (ANOVA de una vía, Bonferroni *post-hoc* test).

cha (II) son muy variables con un porcentaje en la literatura que va desde el 0,7%⁴⁶ al 6%³¹ e incluso llegan al 29%⁴⁸ y 71,2%⁴⁷. Estimamos que en estos dos últimos casos se deben a que se han incluido los bloqueos incompletos de rama derecha I y los TICIV. En nuestro estudio encontramos un porcentaje del 3,6%, siendo mayor en adultos que en los niños y en las disciplinas deportivas con alto componente dinámico. Este retraso de la conducción se ha relacionado habitualmente con un incremento del tamaño de la cavidad ventricular derecha secundario a un mayor retorno venoso²⁵. En contraposición, los bloqueos incompletos de rama derecha grado I y los TICIV hallados en el estudio (casi un 38%), no muestran diferencia significativa entre sexos, aunque presentan un porcentaje mayor en los niños y en los deportes donde predomina el componente dinámico moderado. Las diferencias con respecto a los hallazgos de bloqueo incompleto de rama derecha grado II hacen pensar que, posiblemente, las causas de estos trastornos de la conducción no sean las mismas. Los hallazgos de bloqueos fasciculares son variados, con valores de 0,02%⁴⁶ hasta el 2,7%⁴⁷. En el presente estudio, se observó este trastorno, sin hallar diferencias entre sexos, en un 0,4% de los casos, valor similar al observado por Pellicia et al.⁴⁹. Los bloqueos bifasciculares muestran un porcentaje similar, sin diferencias significativas entre sexos y con una frecuencia mayor en adultos y en deportes con predominio del componente dinámico moderado.

Los cambios electrocardiográficos asociados con la hipertrofia ventricular están bien documentados en atletas altamente entrenados^{25,50}. En el presente estudio, utilizando el índice de Sokolow y Lyon³⁷, se observa un CVI en el 33,7% de los deportistas, cifra similar a la de Balady et al.²⁹, pero muy inferior a la de otros autores^{19,48}. Nuestros hallazgos, con respecto al porcentaje por sexo, concuerdan con lo publicado por otros autores como Boraita y Serratos²⁵ y Pellicia et al.²⁷, observando voltajes, significativamente superiores, en los hombres. No se observó diferencia con respecto a la edad (33,2% frente a 34%, niños y adultos, respectivamente). Este hecho podría deberse a que el menor grosor de la pared

torácica de los niños puede influir en el resultado, como sugieren Sharma et al.⁴⁸. Por otra parte, el componente dinámico alto parece tener relación con el trastorno, hecho también observado por Boraita y Serratos²⁵. Douglas et al.³² no encuentran correlación significativa entre los criterios electrocardiográficos de voltaje y ecocardiogramas, siendo el índice de Sokolow el criterio de voltaje que mejor sensibilidad y especificidad presentó. No obstante, se pretendió analizar las modificaciones en el voltaje mediante otros dos criterios. Al emplear el criterio de Kannel et al.³⁸ se observó un porcentaje mucho mayor de CVI, manteniendo una proporción parecida con respecto al sexo, edad y tipo de deporte (tabla 4). Finalmente, se analizaron las modificaciones en el voltaje conforme al criterio establecido por nuestro grupo⁴⁰, en el cual se eleva el punto de corte/sumatorio a "≥ 48 mm" (onda $Sv_{1,2,3} + Rv_{4,5,6} \geq 48$ mm), disminuyendo el porcentaje global a un 25,7%. La proporción por sexo y edad, no obstante, fue equivalente a la hallada empleando el criterio de Sokolow y Lyon³⁷. Llama la atención que siguiendo este criterio el porcentaje es mayor cuando existe un componente dinámico alto, mientras que al seguir nuestro criterio el componente dinámico alto y el bajo muestran porcentajes similares. Aunque hacen falta estudios de correlación con ecocardiogramas para confirmarlo, estos resultados electrocardiográficos parecen indicar una mayor sensibilidad y especificidad de este criterio para detectar posibles CVI que indiquen adaptaciones cardíacas, con repercusión a nivel de hipertrofias cardíacas reales (cambios estructurales del músculo cardíaco). Cabe destacar que los criterios aislados de modificaciones del voltaje en el complejo QRS no tienen relevancia clínica salvo que existan otras alteraciones electrocardiográficas, síntomas relevantes, historia familiar positiva para enfermedad cardiovascular o muerte prematura. El tal caso, se recomendaría completar el estudio sistemático mediante pruebas complementarias^{41,44,49,50}. Otro aspecto a destacar puede ser la utilidad de disponer de percentiles del sumatorio de voltaje del complejo QRS, con la idea de situar al deportista frente a una población de referencia como la del presente estudio (tabla 5).

Los patrones de repolarización precoz son las alteraciones más frecuentes en deportistas^{25,51}; las depresiones del segmento ST, por otra parte, son un hallazgo más raro⁵⁰. Algunos autores opinan que de hallarse un QRS aumentado acompañado de ondas T negativas se debe continuar el estudio de forma más amplia y exhaustiva²⁴. Las alteraciones de la repolarización que afectan tanto al segmento ST como a la onda T han sido los hallazgos más frecuentemente encontrados en nuestro estudio (41,4%), siendo el porcentaje ligeramente superior en hombres y adultos respecto a mujeres y a niños. Los deportes de componente dinámico moderado fueron los que mostraron un mayor porcentaje de este tipo de trastorno. Para algunos autores el patrón de repolarización precoz es la regla más que la excepción^{50,52}, considerándolo como una elevación del ST benigna e interpretándola como una variable, en la conducción del miocardio, secundaria a un incremento del tono vagal en reposo. La literatura muestra frecuencias muy dispares de anomalías del segmento ST, desde menos de 1%⁴⁶ al 59,6%²⁵. Valores intermedios son los más halla-

Tabla 6
Percentiles del QTc (ms), según el nivel de intensidad del componente dinámico de la disciplina deportiva

Componente dinámico del deporte	Percentiles						
	5	10	25	50	75	90	95
Bajo	311,25	324,50	346,25	367,00	393,75	410,00	430,00
Moderado	326,90	336,60	354,50	369,00	393,50	410,40	419,70
Alto	332,00	345,00	365,00	386,00	410,00	434,00	448,00

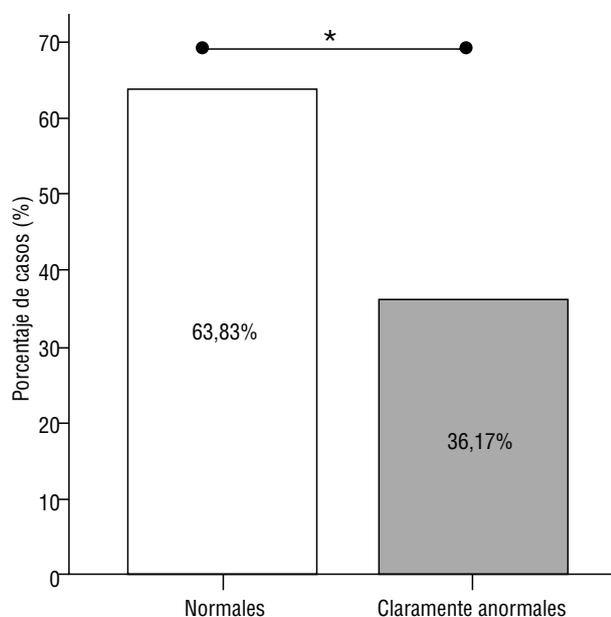


Fig. 2. Porcentaje de electrocardiogramas normales (o con leves trastornos eléctricos) y claramente anormales.

*Diferencias significativas para $p \leq 0,05$ (test de la "t" de Student).

dos en la literatura^{47,48,53,54}. Posiblemente las diferencias se deban, por un lado, a los distintos criterios utilizados y, por otro, a las diferentes características de las muestras analizadas. El porcentaje de ondas T vagotónicas encontrado en este estudio ha sido del 10,4%, valor algo menor que los ofrecidos por otros autores^{25,48}. Posiblemente estos autores hayan considerado una sola derivación con amplitud de la onda T de más de 1 mv para tomarlo en cuenta en el análisis de sus resultados. Tradicionalmente la inversión de la onda T ha sido incorrectamente interpretada como si fuese una persistencia de la prolongación del patrón de la onda T juvenil. En la actualidad algunos estiman⁴¹ que se la debería considerar como sospechosa de enfermedad cardíaca, debiendo estudiarse a los deportistas con esta alteración más profundamente. Dada la disparidad de criterios y la importancia de este trastorno, hemos analizado su frecuencia en los deportistas de nuestra muestra aplicando tres criterios, hallando el mayor grado de positividad al emplear el de Corrado et al²³ y el menor al aplicar el criterio propuesto por nuestro grupo⁴⁰ (fig. 1).

Un QTc igual o superior a 500 ms⁵⁵, sin explicación, indica un inequívoco síndrome de QTc largo. Los QTc prolongados/*borderline* menores de 500 ms requieren de estudios más complejos para llegar a un diagnóstico concluyente⁴⁴. La medición del QT no es tan simple como se piensa⁵⁶; por ello, es importante seleccionar un trazado electrocardiográfico representativo, ya que la relación QT/RR no es reproducida con precisión por la fórmula de Bazett con frecuencias menores a 50 lpm y mayores a 120 lpm⁵⁷. Además, se trata de un intervalo dinámico cuyos límites normales dependen de varios factores. Si bien se ha considerado anormal un intervalo QTc ≥ 440 ms en los varones y QTc ≥ 460 ms en las mujeres, en este rango podemos encontrar tanto a portadores de mutaciones como a sujetos sanos⁵⁸. Las mujeres mostraron valores medios de QTc significativamente mayores que los hombres; hallazgo análogo al de los niños respecto de los adultos. Otros autores también muestran diferencias en el intervalo QTc entre sexos, atribuyéndolas a un acortamiento del mismo en los hombres tras la pubertad, en vez de a un alargamiento en las mujeres⁵⁹. Los grupos de Pelliccia⁴⁹ y Sharma⁴⁸ ofrecen datos muy inferiores a los nuestros. Se debe mencionar que Sharma et al⁴⁸ usaron

450 ms como límite de normalidad; analizando nuestros datos con ese criterio observamos un porcentaje idéntico (0,3%). Además, se debe destacar la dificultad de realizar una correcta interpretación del intervalo QT tal como refieren Viskin et al⁵⁶, aspecto al que pueden deberse las diferencias halladas en la literatura. En lo referente al síndrome de Brugada, en nuestro estudio hemos encontrado 2 casos de "pseudobrugada", que no han podido ser confirmados (los deportistas no aceptaron someterse al test de provocación farmacológico).

El porcentaje de preexcitación ventricular (WPW) hallado en nuestra serie ha sido de 0,25%, valor similar a lo aportado por otros autores^{25,27} y también al de la población general, que no difiere del valor de la población de deportistas^{25,44}. Por otra parte, otros investigadores reflejan porcentajes menores^{46,49} e incluso ausencia de ellos⁴⁷.

Los hallazgos electrocardiográficos anormales son más comunes en ciertas subpoblaciones de atletas, tales como los africanos, los que participan en deportes de *endurance* (remo, triatlón, ciclismo) o en los deportes con altos picos de nivel de intensidad (fútbol, basket, fútbol americano). Las mujeres y los practicantes de deportes más técnicos (judo, equitación) presentan un porcentaje relativamente menor⁵⁰. En el presente estudio el porcentaje de ECG claramente anormales fue del 36,2%, valor manifiestamente superior al proporcionado por el grupo de Pelliccia^{27,49} pero similar al de Swiatowiec et al⁴⁷ al emplear los criterios de la ESC; no obstante, cuando los mismos autores utilizaron los criterios propuestos por Corrado y McKenna⁴¹ observaron valores menores. En el presente estudio se observó un mayor número de ECG claramente anormales en los hombres con respecto a las mujeres, hallazgos similares a los de Pelliccia et al^{27,49} y Maron y Pelliccia⁵¹; no obstante, los valores publicados por esos autores son menores a los del presente estudio. Si bien Swiatowiec et al⁴⁷ ponen en entredicho considerar el QRS como maligno, nosotros estimamos que ante un QRS ≥ 48 mm pudiera ser recomendable el empleo de pruebas complementarias, ya que puede evidenciar la existencia de una patología importante.

En conclusión, el estudio electrocardiográfico de los deportistas cordobeses revela un alto porcentaje de trastornos de la repolarización que afectan tanto al segmento ST como a la onda T, seguidos por trastornos inespecíficos de la conducción intraventricular, hallados con mayor frecuencia en niños y en practicantes de deportes con predominio de componente dinámico moderado. Asimismo, se encontró un alto porcentaje de ECG claramente anormales, lo que denota la importancia de este hallazgo. Además, se sugiere controlar algunos de los factores que desafortunadamente no se han podido investigar en el presente estudio, como realizar la elección de la muestra a través de "muestreo aleatorio", así como el control de los años de entrenamiento y la cantidad de horas semanales de dedicación de cada deportista.

Agradecimientos

Los autores quieren expresar su agradecimiento a la Doctora Diana Vaamonde por sus valiosas aportaciones en la corrección del manuscrito.

Bibliografía

1. Pedersen BK, Saltin B. Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. *Scand J Med Sci Sports*. 2006;16:5-65.
2. Strong WB, Malina RM, Blimkie CJ, Daniels SR, Dishman RK, Gutin B, et al. Evidence based physical activity for school-youth. *J Pediatr*. 2005;146:732-7.

3. Martín M, Rodríguez-Reguero JJ, Calvo D, de la Torre A, Fernández A, García-Castro M, et al. Rendimiento del estudio electrocardiográfico en el reconocimiento deportivo de futbolistas federados de una comunidad autónoma. *Rev Esp Cardiol*. 2008;61(4):426-9.
4. Boraita A, Serratos L. Muerte súbita en el deportista. Requerimientos mínimos antes de realizar deporte de competición. *Rev Esp Cardiol*. 1999;52:1139-45.
5. Boraita A, Baño A, Berrazueta JR, Lamiel R, Luengo E, Manonelles P, et al. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología sobre la actividad física en el cardiópata. *Rev Esp Cardiol*. 2000;53:684-726.
6. Fatterman LG, Myerburg R. Sudden death in athletes. *Sports Med*. 1998;26:335-50.
7. Maron BJ, Thompson PD, Puffer JC, McGrew CA, Strong WB, Douglas PS, et al. Cardiovascular preparticipation screening of competitive athletes. *Circulation*. 1996;94:850-6.
8. Van Camp SP, Bloor CM, Mueller FO, Cantu RC, Olson HG. Nontraumatic sports death in high school and college athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 1995;25:641-7.
9. De Teresa E, Adamuz MC. Muerte súbita en el deporte (I). Revista científica en Medicina del Deporte. Centro Andaluz de Medicina del Deporte. 2005;1:23-32.
10. Suárez-Mier MP, Aguilera B. Causas de muerte súbita asociada al deporte en España. *Rev Esp Cardiol*. 2002;55:347-58.
11. Manonelles P, Aguilera B, Boraita A, Luengo E, Pons C, Suárez MP. Utilidad del electrocardiograma de reposo en la prevención de la muerte súbita del deportista. *Archivos de Medicina del Deporte*. 2007;119(XXIV):159-68.
12. Fuller CM, McNulty CM, Spring DA, Arger KM, Bruce SS, Chryssos BE, et al. Prospective screening of 5615 high school athletes for risk of sudden cardiac death. *Med Sci Sports Exerc*. 1997;29:1131-8.
13. Shephard RJ, Cox MH, Simper K. An analysis of "Par-Q" responses in an office population. *Can J Public Health*. 1981;72:37-40.
14. Thomas S, Reading J, Shephard RJ. Revision of the Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q). *Can J Sport Sci*. 1992;17:338-45.
15. Pons C. Actividad deportiva en sujetos mayores de 35 años. Mínima valoración cardiológica recomendada. Declaración de la Fédération Internationale de Médecine du Sport (F.I.M.S.). En: FEMEDE, editor. Declaraciones de consenso FEMEDE. Pamplona; 1997.
16. Maron BJ, Bodison SA, Wesley IE, Tucker E, Green KJ. Results of screening a large group of intercollegiate competitive athletes for cardiovascular disease. *J Am Coll Cardiol*. 1987;10:1214-21.
17. Maron BJ, Douglas PS, Graham TP, Nishimura RA, Thompson PD. Task Force 1: preparticipation screening and diagnosis of cardiovascular disease in athletes. *J Am Coll Cardiol*. 2005;45:1322-6.
18. McGregw CA. Insights into the AHA scientific statement concerning cardiovascular preparticipation screening of competitive athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30:351-3.
19. Zehender M, Meinertz T, Keul J, Just H. ECG variants and cardiac arrhythmias in athletes: clinical relevance and prognostic importance. *Am Heart J*. 1990;119:1378-91.
20. Corrado D, Basso C, Schiavon M, Thiene G. Screening for hypertrophic cardiomyopathy in young athletes. *N Engl J Med*. 1998;339:364-9.
21. Sudden Death Committee and Congenital Cardiac Defects Committee. American Heart Association Scientific Statement. Cardiovascular preparticipation screening of competitive athletes. *Med Sci Sports Exercise*. 1996;28:1445-52.
22. Pelliccia A, Maron BJ. Preparticipation cardiovascular evaluation of the competitive athlete: Perspectives from the 30-year Italian experience. *Am J Cardiol*. 1995;75:827-9.
23. Corrado D, Pelliccia A, Björnstad HH, Vanhees L, Biffi A, Borjesson M, et al. Cardiovascular pre-participation screening of young competitive athletes for prevention of sudden death: proposal for a common European protocol. *Eur Heart J*. 2005;26:516-24.
24. Holly RG, Shaffrath JD, Amsterdam EA. Electrocardiographic alterations associated with the hearts of athletes. *Sports Med*. 1998;25(3):139-48.
25. Boraita A, Serratos L. El corazón del deportista: hallazgos electrocardiográficos más frecuentes. *Rev Esp Cardiol*. 1998;51:356-68.
26. Serratos L, Fernández A. Adaptaciones cardíacas al ejercicio. En: López J, Fernández A, editores. Fisiología del ejercicio. Madrid: Editorial Médica Panamericana, S. A.; 2006. p. 331-9.
27. Pelliccia A, Maron BJ, Culasso F, Di Paolo FM, Spataro A, Biffi A, et al. Clinical significance of abnormal electrocardiographic patterns in trained athletes. *Circulation*. 2000;102:278-84.
28. Corrado D, Basso C, Pavei A, Michieli P, Schiavon M, Thiene G. Trends in sudden cardiovascular death in young competitive athletes after implementation of a preparticipation screening program. *JAMA*. 2006;296:1593-601.
29. Balady GJ, Cadigan JB, Ryan TJ. Electrocardiogram of the athlete: an analysis of 289 professional football players. *Am J Cardiol*. 1984;53:1339-43.
30. Björnstad H, Smith G, Storstein L, Meen HD, Hals O. Electrocardiographic and echocardiographic findings in top athletes, athletic students and sedentary controls. *Cardiology*. 1993;82:66-74.
31. Choo JK, Abernethy WB, Hutter AM. Electrocardiographic observations in professional football players. *Am J Cardiol*. 2002;90:198-200.
32. Douglas PS, O'Toole ML, Hiller WDB, Hackney K, Reichel N. Electrocardiographic diagnosis of exercise-induced left ventricular hypertrophy. *Am Heart J*. 1988;116:784-90.
33. Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal. BOE núm. 298. Martes 14 diciembre 1999. p. 43088-99.
34. Houghton AR, Gray D. Dar sentido al ECG (Tomo I). Esplagues de Llobregat (Barcelona): J&C Ediciones Médicas S.L.; 1998. p. 1-20.
35. Fuertes A. ECG Guía práctica de interpretación. Majadahonda (Madrid): Astra Zeneca; 2003. p. 15-25.
36. Mitchell JH, Haskell WL, Raven PB. Classification of sports. *J Am Coll Cardiol*. 1994;24:864-6.
37. Sokolow ML, Lyon TP. The ventricular complex in left ventricular hypertrophy as obtained by unipolar precordial and limb leads. *Am Heart J*. 1949;37(2):161-86.
38. Kannel WB, Gordon T, Castelli WP, Margolis JR. Electrocardiographic left ventricular hypertrophy and risk of coronary heart disease. *Ann Intern Med*. 1970;72(6):813-22.
39. Kannel WB, Gordon T, Offutt D. Left ventricular hypertrophy by electrocardiogram. Prevalence, incidence, and mortality in the Framingham study. *Ann Intern Med*. 1969;71(1):89-105.
40. Gómez-Puerto JR, Viana-Montaner BH, Rivilla-Cobo ML, Romo-Peñas E and Da Silva Grigoletto ME. New criteria proposal for T-wave positivity and QRS complex measurements. En: Proceedings of the 16th European Congress of Sport Science. Cable NT, George K eds. Liverpool, United Kingdom, European College of Sport Science; 2011. pp. 637.
41. Corrado D, McKenna W. Appropriate interpretation of the athlete's electrocardiogram saves lives as well as money. *Eur Heart J*. 2007;28:1920-22.
42. Goldenberg I, Moss AJ, Zareba W. QT interval: how to measure it and what is "Normal". *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2006;17(3):333-6.
43. Goldenberg I, Moss AJ. Long QT syndrome. *J Am Coll Cardiol*. 2008;51(24):2291-300.
44. Corrado D, Biffi A, Basso C, Pelliccia A, Thiene G. 12-lead ECG in the athlete: physiological versus pathological abnormalities. *Br J Sports Med*. 2009;43:669-76.
45. Björnstad H, Storstein L, Meen HD, Hals O. Ambulatory electrocardiographic findings in top athletes, athletic students and control subjects. *Cardiology*. 1994;84:42-50.
46. Sofi F, Capalbo A, Pucci N, Giuliattini J, Condino F, Alessandri F, et al. Cardiovascular evaluation, including resting and exercise electrocardiography, before participation in competitive sports: cross sectional study. *BMJ*. 2008;337:88-92.
47. Swiatowicz A, Król W, Kuch M, Braksator W, Krysztofiak H, Dłuzniewski M, et al. Analysis of 12-lead electrocardiogram in top competitive professional athletes in the light of recent guidelines. *Kardiologia Polska*. 2009;67(10):1095-102.
48. Sharma S, Whyte G, Elliott P, Padula M, Kaushal R, Mahon N, et al. Electrocardiographic changes in 1000 highly trained junior elite athletes. *Br J Sports Med*. 1999;33:319-24.
49. Pelliccia A, Culasso F, Di Paolo FM, Accettura D, Cantore R, Castagna W, et al. Prevalence of abnormal electrocardiograms in a large, unselected population undergoing pre-participation cardiovascular screening. *Eur Heart J*. 2007;28:2006-10.
50. Wu J, Stork TL, Perron AD, Brady WJ. The athlete's electrocardiogram. *Am J Emerg Med*. 2006;24:77-86.
51. Maron B, Pelliccia A. The heart of trained athletes: cardiac remodeling and the risks of sports, including sudden death. *Circulation*. 2006;114:1633-44.
52. Bianco M, Bria S, Gianfelici A, Sanna N, Palmieri V, Zeppilli P. Does early repolarization in the athlete have analogies with the Brugada syndrome? *Eur Heart J*. 2001;22(6):504-10.
53. Rawlins J, Carre F, Kervio G, Papadakis M, Chandra N, Edwards C, et al. Ethnic differences in physiological cardiac adaptation to intense physical exercise in highly trained female athletes. *Circulation*. 2010;121:1078-85.
54. Brady WJ, Chan TC. Electrocardiographic manifestations: benign early repolarization. *Am J Emerg Med*. 1999;17(3):473-8.
55. Bazett HC. An analysis of the time-relations of electrocardiograms. *Heart*. 1920;7:353-70.
56. Viskin S, Rosovski U, Sands AJ, Chen E, Kistler PM, Kalman JM, et al. Inaccurate electrocardiographic interpretation of long QT: The majority of physicians cannot recognize a long QT when they see one. *Heart Rhythm*. 2005;2(6):569-74.
57. Napolitano C, Bloise R, Priori SG. Long QT syndrome and short QT syndrome: how to make correct diagnosis and what about eligibility for sports activity. *J Cardiovasc Med*. 2006;7:250-6.
58. Medeiros-Domingo A, Iturralde-Torres P, Ackerman MJ. Clínica y genética en el síndrome de QT largo. *Rev Esp Cardiol*. 2007;60(7):739-52.
59. Rautaharju PM, Zhou SH, Wong S, Calhoun HP, Berenson GS, Prineas R, et al. Sex differences in the evolution of the electrocardiographic QT interval with age. *Can J Cardiol*. 1992;8(7):690-95.