Análisis comparativo del uso de los criterios electrocardiográficos internacionales en deportistas jóvenes

Antonio Rodríguez Martínez, Pablo Berenguel Martínez

Masqsano salud y deporte S.L.P.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00195

Recibido: 18/04/2024
Aceptado: 16/01/2025

Resumen

Introducción y objetivos: El electrocardiograma (ECG) en los exámenes en individuos jóvenes sigue siendo un tema de controversia debido a las tasas relativamente altas de falsos positivos. Además, aún no se ha establecido la validación de los criterios internacionales en deportistas menores de 12 años. La intención de este estudio es describir la prevalencia de los hallazgos del ECG en una muestra de deportistas infantojuveniles de entre 11 y 16 años.
Material y método: Estudio descriptivo trasversal retrospectivo de 14608 deportistas de entre 11 y 16 años, estableciendo niños de 11 a 12 años y adolescentes de 13 a 16. Para evaluar a los deportistas, se usó unos cuestionarios sobre antecedentes relevantes mediante un entrevistador. Además, se realizaron medidas antropométricas y ECG en reposo. Para medir los resultados primarios de los ECG anormales, se siguieron las recomendaciones internacionales para la interpretación electrocardiográfica en Deportistas.
Resultados: Entre la población evaluada de deportistas adolescentes, la gran mayoría mostró resultados sin alteraciones patológicas en el ECG, siendo los hallazgos adaptativos relacionados con la participación deportiva más frecuentes entre los adolescentes jóvenes y los hombres. El 1,34% de la muestra total fue diagnosticado de alguna patología cardíaca previamente desconocida únicamente a través del ECG.
Conclusiones: La información recopilada, aporta datos valiosos sobre la prevalencia de ECG normales, anormales y limítrofes en una muestra de deportistas jóvenes muy grande. Estos hallazgos sirven de referencia en la detección de alteraciones cardíacas potencialmente graves dentro de este grupo específico, considerando variaciones según la edad y el sexo. Además, nuestros hallazgos resaltan la utilización de los criterios refinados de Seattle como una técnica sensible y específica para la detección en deportistas infantojuveniles, mejorando aún más la precisión de las evaluaciones basadas en ECG.

Palabras clave:
Deportistas. Adolescente. Electrocardiograma. Muerte cardíaca súbita. Evaluación médica deportiva.

Comparative analysis of the use of international electrocardiographic criteria in young athletes

Summary

Introduction and objectives: Electrocardiogram (ECG) screening in young individuals remains a matter of controversy due to relatively high false positive rates. In addition, validation of international criteria in athletes under 12 years of age has not yet been established. The intention of this study is to describe the prevalence of ECG findings in a sample of juvenile athletes aged 11-16 years.
Material and method: Retrospective cross-sectional descriptive study of 14608 athletes aged 11 to 16 years, establishing children aged 11 to 12 years and adolescents aged 13 to 16 years. To assess the athletes, questionnaires on relevant background information were used by means of an interviewer. In addition, anthropometric measurements and resting ECG were performed. To measure the primary findings of abnormal ECGs, the international recommendations for electrocardiographic interpretation in athletes were followed.
Results: Among the evaluated population of adolescent athletes, the vast majority howed results without pathological alterations in the ECG, with adaptive findings related to sports participation being more frequent among young adolescents and males. Of the total sample, 1.34% were diagnosed with a previously unknown cardiac pathology on ECG alone.
Conclusions: The information collected provides valuable data on the prevalence of normal, abnormal and borderline ECGs in a very large sample of young athletes. These findings serve as a reference in the detection of potentially serious cardiac abnormalities within this specific group, considering variations according to age and sex. Furthermore, our findings highlight the use of the refined Seattle criteria as a sensitive and specific technique for the detection of juvenile athletes, further improving the accuracy of ECG-based assessments.

Key words:
Athletes. Adolescent. Electrocardiogram. Sudden cardiac death. Sports medicine evaluation.

Correspondencia: Antonio Rodríguez Martínez
E-mail: antorodri8@gmail.com

Introducción

La muerte súbita cardíaca (MSC) entre poblaciones jóvenes y sanas es un motivo de preocupación médica y social[1]. Actualmente, su incidencia en deportistas se estima en torno a 1/50.000[2], pero estas cifras varían según el registro debido a diferencias en las metodologías de estudio y comparaciones entre poblaciones heterogéneas[3]. Ante la potencial letalidad de la MSC, se ha propuesto la evaluación previa a la participación (EPP) de los deportistas para detectar situaciones que puedan suponer un riesgo vital durante el ejercicio físico[4]. Se ha demostrado que la detección temprana de enfermedades potencialmente letales en los deportistas reduce la morbilidad y la mortalidad cardiovascular en algunos casos[5]. Los corazones con cardiopatías estructurales y eléctricas, incluidas las enfermedades de miocardio, enfermedades de los canales iónicos, anomalías coronarias, enfermedades cardíacas adquiridas y potenciales MSC, pueden ser inmanejables sin una detección temprana[6]. La realización de un ECG de 12 derivaciones puede proporcionar información diagnóstica sobre cardiopatías subyacentes que podrían producir arritmias malignas, que pueden estar relacionadas con la MSC[7]. Estudios italianos han demostrado que el EPP con ECG condujo a un descenso en la incidencia de muerte cardíaca súbita de 3,6/100.000 a 0,4/100.000 personas-año, lo que resultó en una reducción del 90% en la mortalidad asociada con los deportes[8,9]. Para detectar cardiopatías relacionadas con la MSC, el consenso de expertos elaborado en Seattle en 2013[10], fue propuesto como una herramienta que permite identificar hallazgos normales, limítrofes y patológicos, así como recomendaciones sobre el manejo clínico y asistencial a deportistas con hallazgos anormales. En 2017[11], los criterios de Seattle se redefinieron para aumentar la especificidad del ECG. Los criterios revisados incorporaron una sección que aborda consideraciones específicas para personas de 11 a 16 años, denominada patrón juvenil. Sin embargo, es importante señalar que esta población infantojuvenil no está representada y los criterios no incluyen a los niños pediátricos menores de 11 años. A partir de la publicación del documento de consenso, el objetivo de este estudio fue dilucidar la prevalencia de hallazgos anormales en el ECG en una muestra de deportistas pediátricos (niños) de 11 y 12 años y adolescentes de 13 a 16 años.

Material y método

Participantes

- Diseño: Se realizó un estudio descriptivo transversal retrospectivo, con componente inferencial, para analizar la lectura e interpretación del ECG realizado a los deportistas que participaron en el estudio entre 2018 y 2023.
- Población muestral: La población diana fueron los clubes deportivos de la provincia que solicitaron realizar el reconocimiento médico deportivo a través de este método. La participación total fue de 14.608 deportistas de ambos sexos, los cuales practicaban 11 disciplinas deportivas diferentes: fútbol, baloncesto, balonmano, voleibol, rugby, natación, futbol sala, tenis, gimnasia rítmica, pádel y atletismo. Se obtuvo el consentimiento informado por escrito del padre, la madre o tutor responsable, y el de los propios deportistas, de conformidad con las obligaciones de la Ley de Protección de Datos. Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la provincia correspondiente y cumplió con los criterios de investigación establecidos en la Declaración de Helsinki (enmendada por la 59ª Asamblea General de la AMM en Seúl, octubre de 2008).

Procedimientos

El protocolo de evaluación de deportistas fue llevado a cabo por un equipo de profesionales que se desplazó al lugar del reconocimiento, habitualmente instalaciones deportivas. El equipo estaba formado por 4 profesionales: 1 médico, 2 enfermeros y 1 fisioterapeuta. El material médico usado fue de 2 camillas, podoscopio, estadiómetro, báscula, fonendoscopio, tensiómetro, electrocardiógrafo, cinta métrica, otoscopio, saturímetro, tableta digital con programa para test de Snellen[1] y ordenador portátil. El circuito estaba formado por 4 estaciones o puestos donde cada profesional realizaba una serie de pruebas, mediciones y valoraciones:

- Primera estación: Revisión de la historia clínica del deportista, con especial interés en los antecedentes personales y familiares. Función realizada por personal de enfermería.
- Segunda estación: Valoración antropométrica, con mediciones de peso, talla, índice de masa corporal, perímetro abdominal, enver-

Tabla 1. Características de los participantes incluidos en el estudio.

	Muestra (n = 14.608)	Niños (11-12 años) (n = 3.580)	Adolescentes (13-16 años) (n = 11.060)	Chicos (n = 10.897)	Chicas (n = 3.710)
Edad	12,7 ± 3,18 años	11,7 ± 0,2 años	14,8 ± 0,5 años	12,6 ± 3,2 años	13,2 ± 1,7 años
Sexo (chicos/chicas)	10.897 (74,59%) / 3.710 (25,39%)	2.784 (19,05%) / 763 (5,22%)	8.113 (55,53%) / 2.947 (20,17%)	-	-
Peso (kg)	50,1	44,5	61,3	50,8	51,8
Altura (metros)	159,1	152,9	168,9	159,1	158,8
IMC (kg/m^2)	19,35	18,47	22,51	19,26	20,01
Tensión arterial sistólica (mmHg)	108	103	115,7	108	107,9
Tensión arterial diastólica (mmHg)	60,1	59,5	64,5	61,2	62

Tabla 2. Hallazgos electrocardiográficos.

	Muestra (n = 14.608)	Niños (11-12 años) (n = 3.580)	Adolescentes (13-16 años) (n = 11.060)	Chicos (n = 10.897)	Chicas (n = 3.710)
Hallazgos normales					
Incremento del voltaje	2.086 (14,27%)	1.390 (9,51%)	696 (4,76%)	1.782 (12,19%)	304 (2,08%)
Bloqueo incompleto de rama derecha	887 (6,07%)	183 (1,25%)	704 (4,81%)	546 (3,73%)	341 (2,33%)
Repolarización precoz	847 (5,79%)	363 (2,48%)	484 (3,31%)	729 (4,99%)	118 (0,8%)
Patrón onda T población joven	563 (3,85%)	409 (2,79%)	154 (1,05%)	413 (2,82%)	150 (1,02%)
Bradicardia y arritmia sinusal	1.189 (8,13%)	701 (4,79%)	488 (3,34%)	799 (5,46%)	390 (2,66%)
Extrasístoles ventriculares menos de 2 en 10"	59 (0,40%)	22 (0,15%)	37 (0,25%)	46 (0,31%)	13 (0,08%)
Ritmo auricular o de la unión	3 (0,02%)	0 (0,00%)	3 (0,02%)	2 (0,01%)	1 (0,001%)
Bloqueo AV de 1er grado	85 (0,58%)	27 (0,18%)	58 (0,39%)	56 (0,38%)	29 (0,19%)
Bloque AV 2º grado Mobitz 1	2 (0,01%)	1 (0,001%)	1 (0,001%)	1 (0,001%)	1 (0,001%)
Hallazgos en el límite					
Bloqueo completo de rama derecha	100 (0,68%)	26 (0,17%)	74 (0,50%)	71 (0,48%)	29 (0,19%)
Desviación derecha del eje	756 (5,17%)	43 (0,29%)	713 (4,88%)	649 (4,44%)	107 (0,73%)
Desviación izquierda del eje	21 (0,14%	0 (0,00%)	21 (0,14%)	18 (0,12%)	4 (0,02%)
Hallazgos anormales					
Bloque AV 2º grado Mobitz 2	1 (0,001%)	1 (0,001%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	1 (0,001%)
Inversión onda T a partir de v4	143 (0,97%)	90 (0,61%)	53 (0,36%)	111 (0,75%)	32 (0,21%)
Bloqueo completo de rama izquierda	7 (0,04%)	1 (0,001%)	6 (0,04%)	5 (0,03%)	1 (0,001%)
Patrón Brugada tipo	3 (0,02%)	2 (0,01%)	1 (0,001%)	2 (0,01%)	1 (0,001%)
Extrasístoles ventriculares mayor de 2 en 10"	46 (0,31%)	16 (0,10%)	30 (0,2%)	37 (0,25%)	9 (0,06%)

Valores presentados en frecuencia (porcentaje). Diferencias mediante prueba de Fisher o chi cuadrado cuando corresponda. HVI: hipertrofia ventricular izquierda (según criterios de Sokolow). AV: auriculoventricular. RBBB: Bloqueo de rama derecha.

gadura de miembros superiores, segmentos de extremidades superiores e inferiores. Además, se realizó una valoración de la huella plantar en estática mediante podoscopio, así como inspección de tobillos, rodillas y espalda. Por último, se valoró la agudeza visual mediante la carta de Snellen[12]. Esta estación puede fue realizada por un fisioterapeuta. Las mediciones del peso, talla, frecuencia cardíaca y presión arterial se obtuvieron siguiendo las recomendaciones del programa biológico internacional y las directrices actuales de la Sociedad Europea de Cardiología[13]. Para calcular el área de superficie corporal (SC), utilizamos la fórmula de DuBois y DuBois[14]. La función es realizada por personal de fisioterapia.

- Tercera estación: Exploración médica completa que englobó la valoración osteoarticular, auscultación cardiopulmonar, valoración neurológica, palpación de pulsos periféricos, dermatológica y general de todos los órganos. Esta estación, fue realizada por un facultativo especialista en medicina deportiva.
- Cuarta estación: Exploración cardiovascular, a través del ECG digital y monitorización de constantes vitales. La función fue desarrollada por personal de enfermería.

El ECG de 12 derivaciones en reposo se realizó en posición decúbito supino de acuerdo con los criterios de consenso internacional para la interpretación de ECG en deportistas. Se utilizó un electrocardiógrafo Cardioline modelo Touch ECG, con una velocidad de 25 mm/s y una amplitud de 10 mV. Para determinar si cada hallazgo del ECG fue normal o anormal, consideramos los criterios descritos en las guías de 2017[9], donde al menos uno de los cambios hallados era compatible con los

Figura 1. Prevalencia de hallazgos anormales en el ECG según el consenso internacional de 2017.

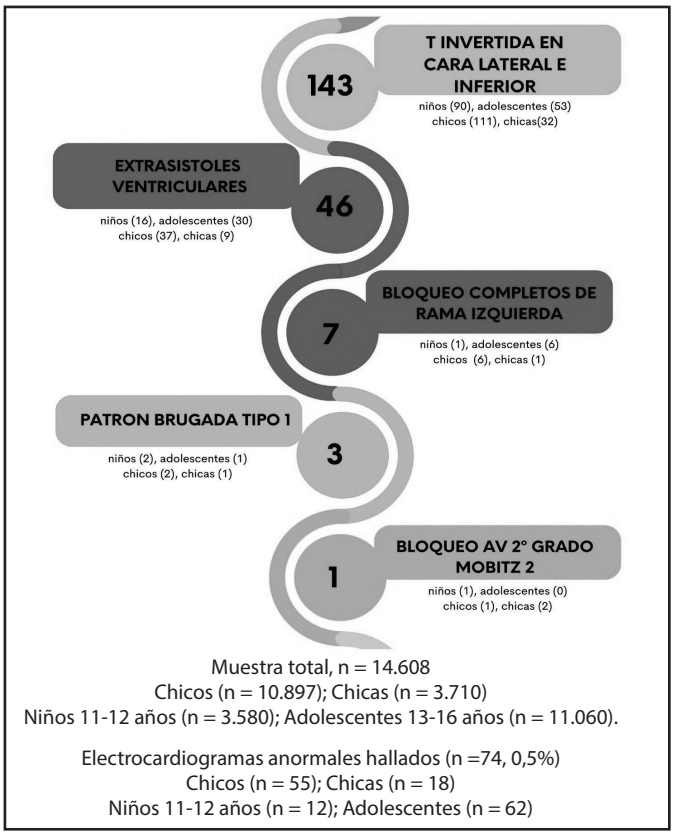
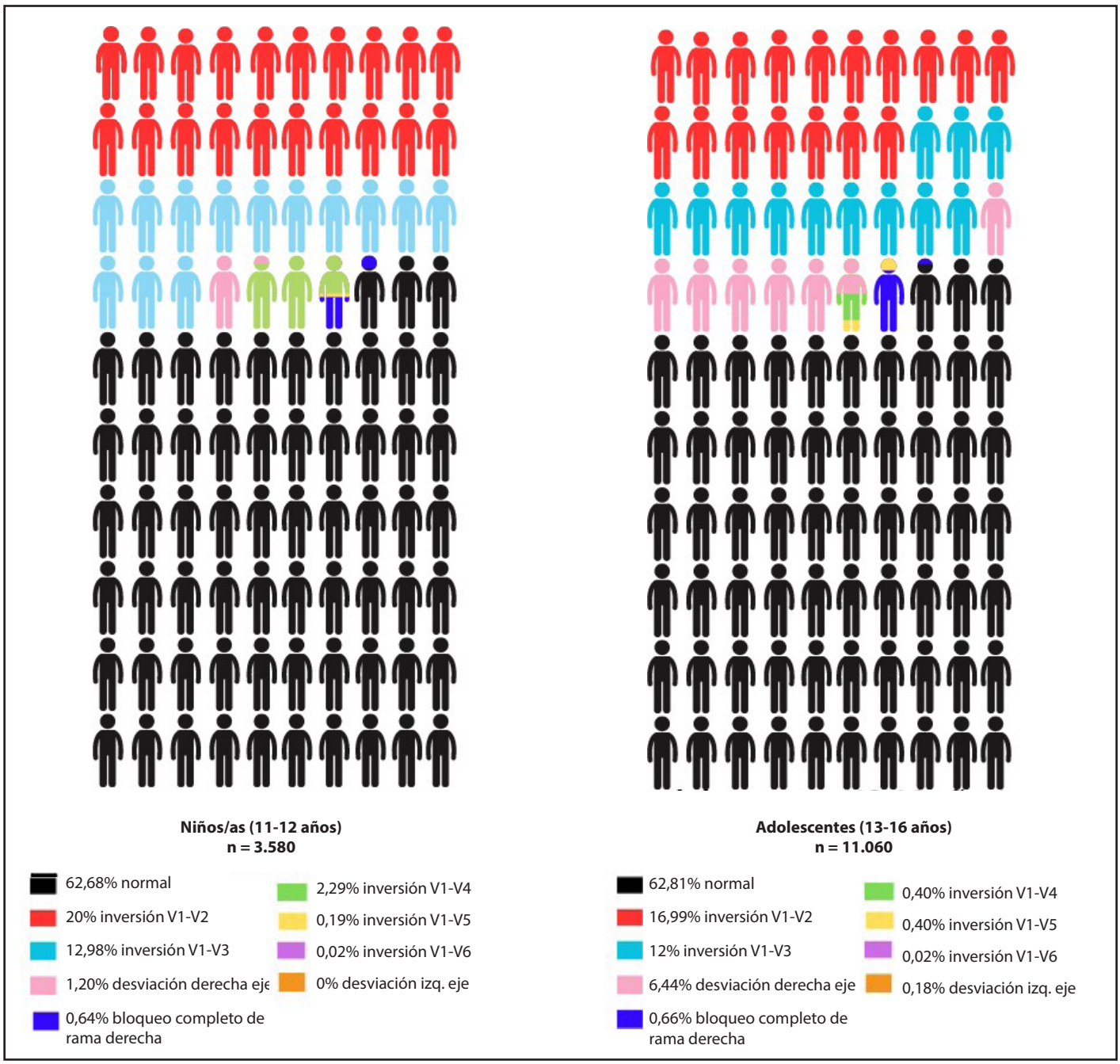


Figura 2. Prevalencia de trastornos de la repolarización por edad y hallazgos en el límite.

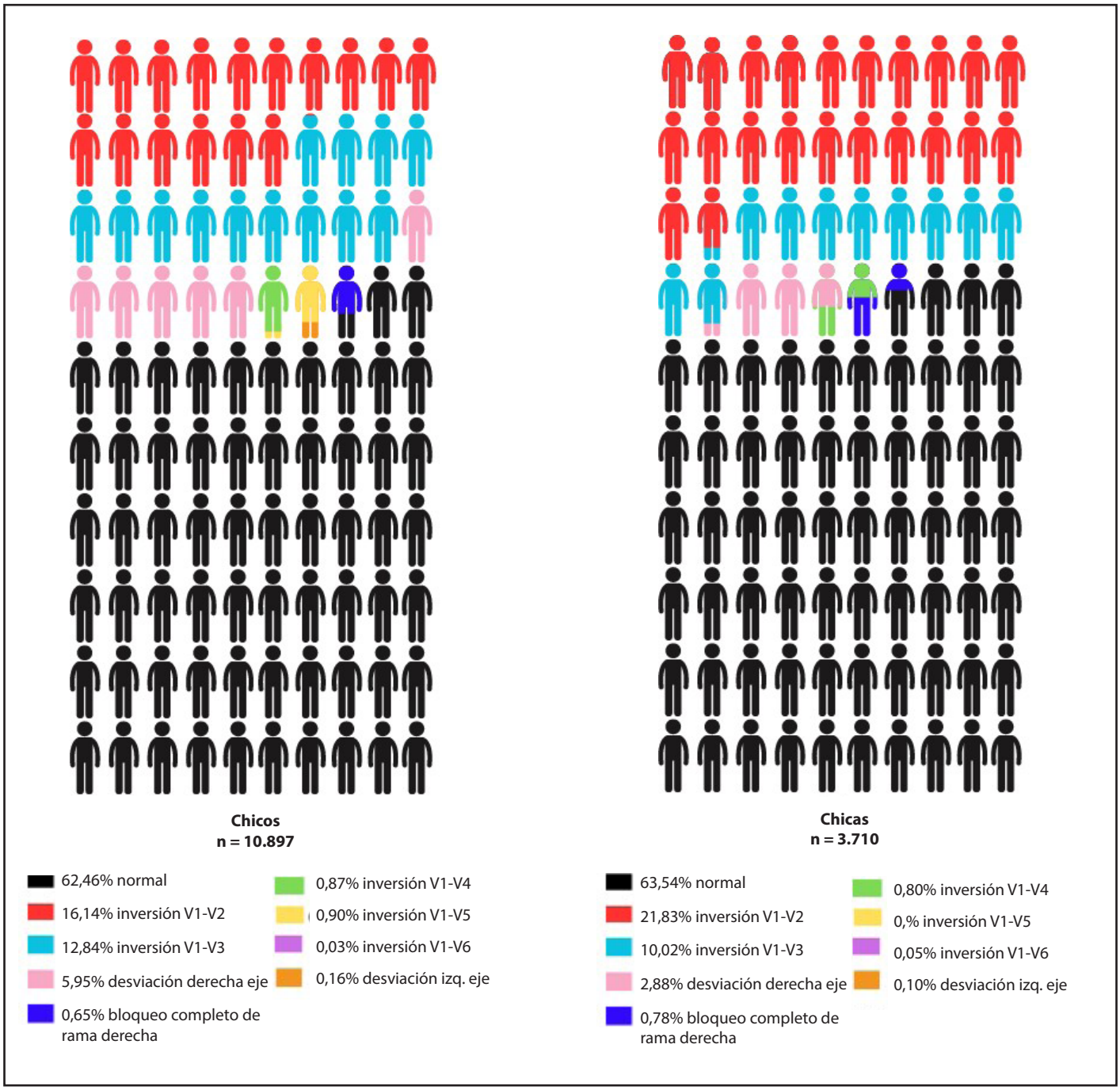


criterios detallados en la Tabla 1, como anormales, o se encontraron dos o más de los cambios considerados en el límite.

Las variables que se persiguieron medir fueron:

- Sexo: variable cualitativa dicotómica. Hombre/mujer.
- Deporte: variable cualitativa categórica: fútbol, baloncesto, balonmano, voleibol, *rugby*, natación, atletismo, fútbol sala, pádel y tenis.
- Edad: variable cuantitativa.
- Enfermedades anteriores cardiacas: variable cualitativa dicotómica. Si/no.
- Antecedentes familiares: variable cualitativa categórica: cáncer, diabetes, hipertensión y cardiopatías.
- Tensión arterial: variable cuantitativa continua
- Peso, altura e índice de masa corporal: variable cuantitativa continua
- Frecuencia cardiaca: variable cuantitativa continua
- Criterios de SEATTLE de 2017: incremento del voltaje, bloqueo incompleto de rama derecha, repolarización precoz, patrón onda T población joven, bradicardia y arritmia sinusal, extrasístoles ventriculares menos de 2 en 10", Ritmo auricular o de la unión, Bloqueo

Figura 3. Prevalencia de trastornos de la repolarización por sexo y hallazgos en el límite.



AV de 1er grado, Bloque AV 2º grado Mobitz 1, Bloqueo completo de rama derecha, desviación derecha del eje, desviación izquierda del eje, Bloque AV 2º grado Mobitz 2, inversión onda T a partir de v4, Bloqueo completo de rama izquierda, Patrón Brugada tipo 1, Extrasístoles ventriculares mayor de 2 en 10". Variable cualitativa categórica.

Análisis estadístico

Para resumir los datos, las variables cuantitativas fueron expresadas como medias acompañadas de su desviación estándar, mientras que las variables cualitativas se informaron como frecuencias y porcentajes. Desde el punto de vista gráfico se utilizaron pictogramas como

herramientas auxiliares en la representación de los datos. Los datos del análisis del ECG se registraron como una variable cualitativa ordinal, categorizada como normal, límite o patológica.

Resultados

La muestra para este estudio incluyó a 14.608 deportistas, siendo el 74,59% hombres y 25,41% mujeres, de los cuales más del 97% eran de etnia caucásica. Estos deportistas practicaban deportes federados diferentes en España, siendo el fútbol y el baloncesto los deportes más practicados (90%). Los deportistas tenían edades comprendidas entre 11 y 16 años (11 años, n = 1.191; 12 años, n = 2.389; 13 años, n = 1.682; 14 años, n = 940; 15 años, n = 6.963; 16 años, n = 1.475).

La Tabla 2 presenta información detallada sobre las medidas antropométricas y otras características de la población de estudio.

La Tabla 1 muestra los hallazgos electrocardiográficos que se consideraron no patológicos, en el límite y anormales en esta población. Estos hallazgos abarcan un amplio espectro de manifestaciones eléctricas relacionadas con los cambios fisiológicos asociados a la práctica deportiva y características específicas de la edad.

El hallazgo normal más frecuente observado en nuestro estudio fue el trastorno de repolarización (14,27%) según los criterios de Sokolow[15], la arritmia sinusal respiratoria y bradicardia sinusal, representando el 8,13% de los casos y el bloqueo incompleto de rama derecha de haz de His (BIRD) (6,07%). La prevalencia de estos hallazgos normales mostró variaciones según el sexo y la edad (Figura 1). La mayoría de los deportistas exhibieron ondas T negativas en las derivaciones precordiales, observándose la mayor prevalencia en las derivaciones V1-V2 (20% en niños y 16,99% en adolescentes). Otro subgrupo mostró ondas T negativas que se extendían hasta las derivaciones V1-V3, conocido como patrón juvenil. Ambos hallazgos fueron similares por edades (12,98% en niños y 12% en adolescentes), observándose mínimas diferencias significativas entre sexos (12,84% en chicos, 10,02% en chicas). Un pequeño porcentaje de deportistas (0,86%) presentó ondas T negativas que se extendían a las derivaciones V4 (127 casos) y V5 (12 casos). Además, la depresión del segmento ST no estuvo presente en los participantes (Figura 2).

Discusión

Este estudio tiene como objetivo proporcionar información valiosa sobre los hallazgos del ECG entre deportistas pediátricos y jóvenes adolescentes en España, con un enfoque específico en comparar los resultados en función de la edad y el sexo. Es importante señalar que actualmente hay datos limitados disponibles en la literatura sobre esta población específica, y aún no se ha establecido la validación de los criterios internacionales para deportistas menores de 11 años para optimizar la evaluación previa a la participación en deportistas jóvenes[16]. La baja prevalencia de hallazgos anormales en el ECG (1,34%) observada en esta cohorte enfatiza aún más la importancia de utilizar los criterios refinados de Seattle como una técnica sensible y específica para la detección efectiva de deportistas jóvenes.

Los hallazgos de este estudio revelaron que una proporción de deportistas presentaban lecturas electrocardiográficas no patológicas que eran apropiadas para su edad[17]. Además, se observaron diferencias entre los diferentes grupos de edad y sexos[10]. Específicamente, dentro de nuestra muestra, los hallazgos adaptativos relacionados con la participación deportiva fueron más frecuentes entre adolescentes jóvenes y chicos[18], donde son mayoría deportistas. Es importante mencionar que las alteraciones de repolarización mostraron una baja especificidad en la detección de enfermedades cardíacas debido a su alta prevalencia entre deportistas jóvenes sanos[19]. En particular, el estudio reveló una baja prevalencia de bradicardia en la muestra. Las alteraciones adaptativas relacionadas con la participación deportiva fueron más frecuentes en los adolescentes, potencialmente debido al mayor volumen de ejercicio realizado. Ejemplos de tales hallazgos incluyen: bradicardia sinusal, bloqueo auriculoventricular (AV) de primer grado y repolarización temprana.

Por el contrario, los hallazgos normales que aparecieron predominantemente en el grupo pediátrico se asociaron con la corta edad de los deportistas, como la arritmia sinusal y el patrón de onda T juvenil.

La presencia de anomalías en el ECG en deportistas federados con <12 años justifica una interpretación cuidadosa antes de atribuirlas a adaptaciones fisiológicas del corazón del deportista. Esto es particularmente importante dada su baja prevalencia (1,34%), como se muestra en la Figura 1. En nuestro estudio se observan diferencias significativas entre grupos de edad y sexos. Sin embargo, esto puede estar sesgado debido a la baja prevalencia de estas anomalías. La mayoría de estas anomalías (72,58%) fueron alteraciones de la repolarización en derivaciones precordiales que se extendieron más allá de V3, hasta V4 y V5, más frecuentes en varones (77,62%).

Este estudio tuvo como objetivo investigar la prevalencia de hallazgos anormales en el ECG de deportistas adolescentes en España. Parte de este análisis, se centró en la presencia de ondas T negativas en derivaciones específicas y su correlación con la patología. Específicamente, se evaluó la prevalencia de ondas T negativas que se extienden hasta las derivaciones V1-V3, conocidas como patrón juvenil[20]. El estudio también examinó posibles diferencias según la edad y el sexo. La mayoría de los deportistas exhibieron ondas T negativas hasta las derivaciones V1-V3 (12,06%), de acuerdo con el patrón juvenil[21]. En particular, estos hallazgos fueron más prevalentes entre los niños y chicos. A pesar de la prevalencia relativamente alta de estos hallazgos, se consideran dentro del rango normal, ya que su asociación con la patología cardíaca ha mostrado una correlación pobre en varios estudios[22].

Un pequeño porcentaje de deportistas (0,86%) mostró ondas T negativas que se extendían hasta las derivaciones V4 (127 casos) y V5 (12 casos), lo que requirió más investigación y seguimiento cardiológico para excluir posibles enfermedades del miocardio[23].

Estos hallazgos plantean preocupaciones sobre la posibilidad de patologías cardíacas subyacentes, como miocardiopatía latente o miocarditis. En un estudio exhaustivo en el que participaron 2.765 niños italianos sometidos a pruebas de detección previa a la participación, se determinó que la prevalencia de la inversión de la onda T precordial derecha era del 5,7% y esta prevalencia disminuyó después de la pubertad. En particular, entre los niños con inversión de la onda T, al 2,5% se les diagnosticó miocardiopatía. Estos hallazgos enfatizan la importancia crítica de realizar evaluaciones adicionales en casos de inversión de la onda T para prevenir eficazmente la muerte súbita cardíaca durante las

actividades deportivas[24]. Además, la combinación de elevación del punto J e inversión de la onda T restringida a las derivaciones V1-V4 ofrece un método confiable para distinguir con precisión entre la inversión de la onda T anterior "fisiológica" y "cardio miopático" en deportistas de diversos orígenes étnicos. Por el contrario, la presencia de elevación del segmento ST sin elevación previa del punto J en la inversión anterior de la onda T puede servir como indicación de miocardiopatía subyacente[25]. La aparición de una duración del QRS >120 milisegundos fue rara en este estudio[26] siendo el bloqueo completo de rama derecha el más frecuente (0,6%). Sin embargo, se considera un hallazgo límite en los últimos criterios internacionales si se trata de un hallazgo aislado y no asociado a otras alteraciones[27].

Los hallazgos anormales significativos en el ECG en reposo de esta población de 11 a 16 años difieren de los de la población general de deportistas y son poco comunes, presentándolos solo el 1,34%[28]. En general, la incidencia de hallazgos patológicos en este estudio es baja, pero no se debe pasar por alto la posibilidad de una enfermedad cardíaca subyacente, particularmente en los casos en los que existen factores de riesgo adicionales.

Sin embargo, publicaciones recientes han planteado dudas sobre la eficacia del cribado ECG en deportistas jóvenes. Algunos estudios no han logrado encontrar anomalías en el ECG asociadas con la muerte súbita en 891 deportistas que se sometieron a pruebas de detección[29]. Aunque esto genera preocupación, es importante resaltar un hallazgo significativo en nuestra muestra: el 1,34% de los niños presentaron lecturas de ECG anormales. Esto enfatiza la importancia del cribado ECG en deportistas jóvenes, desde la edad pediátrica[30]. Sugiere que la detección temprana mediante exámenes de detección es valiosa, ya que puede identificar anomalías cardíacas que de otro modo pasarían desapercibidas. En general, mientras continúa el debate sobre la eficacia del cribado con ECG, nuestro estudio aporta evidencia valiosa para respaldar la utilidad del cribado con ECG en deportistas jóvenes, particularmente en el grupo de edad pediátrica.

Si bien el ECG sirve como técnica de detección de canalopatías y miocardiopatías que pueden causar MSD, su utilidad en los jóvenes sigue siendo controvertida, en parte debido a las tasas altas de falsos positivos. Con solo el 1,34% de ECG anormales en nuestra muestra, podemos concluir que los falsos positivos son bajos y similares a los de los deportistas de mayor edad[30], indicando que se pueden utilizar criterios generales en este grupo de edad. Este mismo porcentaje también se ha informado en una cohorte suiza[31] y ligeramente superior en un estudio de futbolistas italianos[32], lo cual es importante señalar ya que los hallazgos anormales incluyeron alteraciones como BRD y onda T negativa en V1-V3. También se informó un porcentaje más alto en un artículo de 2017 de Graziol, *et al*.[33], pero en este estudio no se aplicaron los criterios refinados de Seattle para la interpretación, solo los criterios anteriores publicados en 2013.

La interpretación de los valores del ECG debe considerar la edad y las características del deportista[34], según la literatura disponible y los hallazgos de este estudio. Las diferencias observadas en los resultados del ECG entre deportistas pediátricos y jóvenes adolescentes y la población general tienen implicaciones prácticas para la toma de decisiones clínicas, como la evaluación de la aptitud deportiva, la sospecha de patología, la realización de pruebas cardiológicas complementarias y el seguimiento.

Una limitación de este estudio es la falta de un grupo de control (es decir, adolescentes no entrenados) para comparar. Sin embargo, se informaron resultados similares en estudios anteriores que también carecían de grupos de control. Otras limitaciones incluyen el alto porcentaje de participantes masculinos, el predominio de futbolistas y la homogeneidad de la muestra en términos de raza/etnia. Además, este estudio se realizó en un solo centro médico, es transversal y estrictamente descriptivo, lo que excluye inferencias causales con respecto a la relación entre el tipo de entrenamiento, el historial deportivo y los hallazgos observados en el ECG. Para futuras líneas de actuación, sería interesante el desarrollo de análisis bi y multivariables de los datos para proporcionar evidencias sólidas algunas de las hipótesis sostenidas en este manuscrito.

Conclusión

En resumen, este estudio proporciona un análisis exhaustivo de los hallazgos típicos del ECG en deportistas pediátricos y adolescentes jóvenes, así como de alteraciones raras que pueden indicar una enfermedad cardíaca subyacente. Estos hallazgos se pueden comparar con poblaciones similares agrupadas por edades de 11 a 16 años y sexo. La baja prevalencia de hallazgos anormales en esta cohorte (1,34%) respalda el uso de los criterios refinados de Seattle como una técnica sensible y específica para la detección de deportistas pediátricos y jóvenes.

Estos hallazgos del ECG son especialmente valiosos a la hora de tomar decisiones en deportistas jóvenes de ambos sexos, similares a los incluidos en este estudio. Los resultados de este estudio pueden ayudar a guiar investigaciones futuras e informar la práctica clínica, promoviendo en última instancia la salud y la seguridad de los deportistas pediátricos y jóvenes.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Bibliografía

1. Corrado D, Basso C, Thiene G. Essay: Sudden death in young athletes. *Lancet Lond Engl*. 2005;366 Suppl 1:S47-48.
2. Harmon KG, Drezner JA, Wilson MG, Sharma S. Incidence of sudden cardiac death in athletes: a state-of-the-art review. *Br J Sports Med*. 2014;48:1185-92.
3. Harmon KG, Asif IM, Maleszewski JJ, Owens DS, Prutkin JM, Salerno JC, *et al*. Incidence, cause, and comparative frequency of sudden cardiac death in national collegiate athletic association athletes: A Decade in Review. 2015;132:10-9.
4. Maron BJ, Zipes DP, Kovacs RJ. Eligibility and disqualification recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities: preamble, principles, and general considerations: A scientific statement from the American a Heart Association and American College of Cardiology. 2015;132.
5. Corrado D, Zorzi A, Sarto P. Pre-participation screening for safe sports activity. *Eur Heart J*. 2023;44:2258-9.
6. Asif IM, Harmon KG. Incidence and etiology of sudden cardiac death: new updates for athletic departments. *Sports Health*. 2017;9.
7. Corrado D, Pelliccia A, Heidbuchel H, Sharma S, Link M, Basso C, *et al*. Recommendations for interpretation of 12-lead electrocardiogram in the athlete. *Eur Heart J*. 2010; 31:243-59.

8. Donati F, Guicciardi C, Lodi E, Fernando F, Palermi S, Modena MG, *et al.* Echocardiography in the preparticipation screening: an old topic revisited. *J Cardiovasc Med.* 2023;24:297-301.
9. Koch S, Cassel M, Linné K, Mayer F, Scharhag J. ECG and echocardiographic findings in 10–15-year-old elite athletes. *Eur J Prev Cardiol*. 2014;21:774-81.
10. Drezner JA, Fischbach P, Froelicher V, Marek J, Pelliccia A, Prutkin JM, *et al.* Normal electrocardiographic findings: recognising physiological adaptations in athletes. *Br J Sports Med.* 2013;47:125-36.
11. Drezner JA, Sharma S, Baggish A, Papadakis M, Wilson MG, Prutkin JM, *et al.* International criteria for electrocardiographic interpretation in athletes: Consensus statement. *Br J Sports Med.* 2017;51:704-31.
12. Azzam D, Ronquillo Y. Snellen Chart. 2023 May 1. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan
13. Williams B, Mancia G, Spiering W, Agabiti Rosei E, Azizi M, Burnier M, *et al.* 2018 Practice guidelines for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology and the European Society of Hypertension: ESC/ESH task force for the management of arterial hypertension. *J Hypertens.* 2018;36:2284-309.
14. Du Bois D, Du Bois EF. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. 1916. *Nutr Burbank Los Angel Cty Calif.* 1989;5:303- 11.
15. Ehara S, Hasegawa T, Matsumoto K, Otsuka K, Yamazaki T, Iguchi T, *et al.* The strain pattern, and not Sokolow-Lyon electrocardiographic voltage criteria, is independently associated with anatomic left ventricular hypertrophy. *Heart Vessels.* 2014 Sep;29: 638-44.
16. Beach CM, Lampert R. Optimizing pre-participation screening to prevent tragedy in young athletes: moving from if to how. *Eur Heart J.* 2023;44:1093-5.
17. McClean G, Riding NR, Ardern CL, Farooq A, Pieles GE, Watt V, *et al.* Electrical and structural adaptations of the paediatric athlete's heart: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2018;52:230.
18. De Bosscher R, Moeyersons J, Dausin C, Claeys M, Janssens K, Claus P, *et al*. Relating QRS voltages to left ventricular mass and body composition in elite endurance athletes. *Eur J Appl Physiol.* 2023;123(3):547-559.
19. Calore C, Melacini P, Pelliccia A, Cianfrocca C, Schiavon M, Di Paolo FM, *et al.* Prevalence and clinical meaning of isolated increase of QRS voltages in hypertrophic cardiomyopathy versus athlete's heart: relevance to athletic screening. *Int J Cardiol.* 2013;168:4494-7.
20. Papadakis M, Basavarajaiah S, Rawlins J, Edwards C, Makan J, Firoozi S, *et al*. Prevalence and significance of T-wave inversions in predominantly caucasian adolescent athletes. *Eur Heart J.* 2009;30:1728-35.
21. Calò L, Sperandii F, Martino A, Guerra E, Cavarretta E, Quaranta F, *et al.* Echocardiographic findings in 2261 peri-pubertal athletes with or without inverted T waves at electrocardiogram. *Heart*. 2015;101:193-200.
22. Malhotra A, Dhutia H, Gati S, Yeo TJ, Dores H, Bastiaenen R, *et al.* Anterior T- wave inversion in young white athletes and nonathletes. *J Am Coll Cardiol.* 2017;69:1-9.
23. Schnell F, Riding N, O'Hanlon R, Axel Lentz P, Donal E, Kervio G, *et al.* Recognition and significance of pathological T-wave inversions in athletes. 2015;131:165-73.
24. Migliore F, Zorzi A, Michieli P, Perazzolo Marra M, Siciliano M, Rigato I, *et al.* Prevalence of cardiomyopathy in italian asymptomatic children with wlectrocardiographic T-wave inversion at preparticipation screening. 2012;125:529- 38.
25. Calore C, Zorzi A, Sheikh N, Nese A, Facci M, Malhotra A, *et al.* Electrocardiographic anterior T-wave inversion in athletes of different ethnicities: differential diagnosis between athlete's heart and cardiomyopathy. *Eur Heart J.* 2016;37:2515-27.
26. Kim JH, Noseworthy PA, McCarty D, Yared K, Weiner R, Wang F, *et al.* Significance of electrocardiographic right bundle branch block in trained athletes. *Am J Cardiol.* 2011;107:1083-9.
27. Kim JH, Baggish AL. Electrocardiographic right and left bundle branch block patterns in athletes: prevalence, pathology, and clinical significance. *J Electrocardiol*. 2015;48:380-4.
28. Albiński M, Saubade M, Menafoglio A, Meyer P, Capelli B, Perrin T, *et al.* Diagnostic yield and cost analysis of electrocardiographic screening in swiss paediatric athletes. *J Sci Med Sport*. 2022;25:281-6.
29. Writing Committee Members, Ommen SR, Mital S, Burke MA, Day SM, Deswal A, *et al.* 2020 AHA/ACC guideline for the diagnosis and treatment of patients with hypertrophic cardiomyopathy: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on clinical practice guidelines. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2021;162:e23-106.
30. Sarto P, Zorzi A, Merlo L, Vessella T, Pegoraro C, Giorgiano F, *et al.* Value of screening for the risk of sudden cardiac death in young competitive athletes. *Eur Heart J.* 2023;44:1084-92.
31. Dhutia H, Malhotra A, Finocchiaro G, Merghani A, Papadakis M, Naci H, *et al.* Impact of the international recommendations for electrocardiographic interpretation on cardiovascular screening in young athletes. *J Am Coll Cardiol.* 2017;70:805-7.
32. Calò L, Martino A, Tranchita E, Sperandii F, Guerra E, Quaranta F, *et al.* Electrocardiographic and echocardiographic evaluation of a large cohort of peri- pubertal soccer players during pre-participation screening. *Eur J Prev Cardiol.* 2019;26:1444-55.
33. Grazioli G, Sanz de la Garza M, Vidal B, Montserrat S, Sarquella-Brugada G, Pi R, *et al.* Prevention of sudden death in adolescent athletes: Incremental diagnostic value and cost-effectiveness of diagnostic tests. *Eur J Prev Cardiol.* 2017;24:1446-54.
34. Sharma S, Drezner JA, Baggish A, Papadakis M, Wilson MG, Prutkin JM, *et al*. International recommendations for electrocardiographic Interpretation in athletes. *J Am Coll Cardiol.* 2017;69.