

Módulo 4. Adaptación cardíaca al ejercicio y valoración cardiovascular del deportista

Introducción

La evidencia científica muestra que:

El ejercicio físico es eficaz en la disminución de la mortalidad (Lee et al., 2014; Schnohr et al., 2013; Arem et al., 2015) y gran parte de este beneficio es debido a la prevención de la enfermedad cardiovascular, que es la causa más frecuente de muerte en el mundo [occidental]. (Grazioli, 2017, <https://bit.ly/3KWBcpd>)

Por lo tanto, “los organismos responsables de salud pública en los diferentes países promocionan la práctica deportiva” (Cooper et al., 2015 citado en Grazioli, 2017, <https://bit.ly/3KWBcpd>). Por ello, se observó en las últimas décadas un incremento importante del número de personas que realizan actividad física; por citar un ejemplo, el número de individuos que finalizan una maratón de 42 km se ha quintuplicado en este período (Keefe et al., 2013 citado en Grazioli, 2017, <https://bit.ly/3KWBcpd>).

Por otro lado, la muerte súbita en el deporte es un hecho poco frecuente, con baja incidencia —se estima entre 1-2 cada 100 000 deportistas por año (Harmon et al., 2015 citado en Grazioli, 2017, <https://bit.ly/3KWBcpd>)—; aunque tiene un elevado impacto en los medios de comunicación, dado que se trata de una muerte inesperada en personas jóvenes con un aparente buen estado de salud previo (Semsarian et al., 2015 citado en Grazioli, 2017, <https://bit.ly/3KWBcpd>).

Para maximizar los beneficios y minimizar los riesgos que el deporte puede provocar durante la práctica, se han diseñado programas de cribado predeportivo (Corrado et al., 2003); el objetivo de estos es la detección de las enfermedades que pueden causar muerte súbita asociada al deporte; así, establecer un tratamiento



específico, o cuando el tratamiento no es posible, indicar el cese de la práctica deportiva en forma definitiva. (Grazioli, 2017, <https://bit.ly/3KWBcpd>)

Definiciones

En principio, para establecer una definición, es útil la relación que el deportista tiene con el sueño; es decir, si le quita horas al descanso para entrenar o, por el contrario, descansa para un mejor entreno. Lo primero una característica del deporte recreativo *amateur* y lo segundo, del deporte competitivo.

Como lo refiere la guía de la Sociedad Europea de Cardiología, un deportista recreativo se involucra en deportes por placer y actividades de tiempo libre, mientras que un atleta competitivo está altamente entrenado y se centra en el rendimiento y el resultado (Pelliccia et al., 2021).

En una clasificación basada en el volumen mínimo de ejercicio, podemos establecer una división un tanto arbitraria, ya que algunos atletas recreativos, como los ciclistas y corredores de larga distancia, realizan un mayor volumen de ejercicio que algunos atletas profesionales que participan en deportes de habilidad. Sin embargo, esta clasificación resulta útil en muchas ocasiones para valorar rápidamente si un deportista puede tener cambios estructurales que estén justificados por el deporte. En el módulo 1 del presente curso se explicó este concepto.

Estrategias de *screening* preparticipativo en los diferentes países

La estrategia de prevención de muerte súbita cambia de acuerdo con el lugar geográfico donde se realiza, dado que las políticas en salud y el análisis de costo-beneficio es diferente en cada región. En una aproximación simplificada, podríamos dividir la prevención en dos tipos, dependiendo de uso del ECG en la revisión básica: 1) el **modelo americano**, el cual incluye la historia familiar/personal y el examen físico (Maron et al., 2015); 2) el **modelo europeo**, que a los puntos anteriores agrega el electrocardiograma de 12 derivaciones (Corrado et al., 2005). (Grazioli, 2017, <https://bit.ly/3KWBcpd>)



Para comprender mejor este complejo problema de la salud pública de muchos países, describiremos desde una perspectiva histórica y de evidencia disponible ambas estrategias.

Modelo americano

La 36ª Conferencia de Bethesda del año 2005 ya sugiere el uso del electrocardiograma en el cribado preparticipativo de deportistas competitivos, sin embargo, no lo incluye en forma sistemática, como la historia familiar/personal y el examen físico (Maron y Zipes, 2005). Aunque menciona la utilidad del electrocardiograma y del ecocardiograma, mejorando la sensibilidad en la detección de patologías que pueden ser causantes de muerte súbita, en el apartado de recomendación no indica el uso de estos dos estudios de diagnósticos no invasivos. La actualización de la conferencia de Bethesda realizada en el año 2015 mantiene la misma recomendación, desestimando el uso rutinario del ECG en el cribado preparticipativo (Maron et al., 2015). La fundamentación de no incluir el electrocardiograma es por el excesivo porcentaje de falsos positivos (Brosnan et al., 2014). [...] La decisión final de no incluir el electrocardiograma en la primera línea del cribado parecería estar motivada por el análisis de costo-eficacia en Estados Unidos, donde se calcula que hay 60 millones de deportistas, y el gasto en salud que generaría el cribado no estaría justificado, si se compara la baja incidencia de muerte súbita en el deporte versus la elevada incidencia de otras causas de muertes en jóvenes, como accidentes, homicidios y suicidios (Maron et al., 2014). Sin embargo, en el análisis de costo-eficacia no se menciona que estas tres últimas causas de muerte no son evitables por ningún programa de cribado, por lo tanto, no son estrategias comparables. (Grazioli, 2017, <https://bit.ly/3KWBcpd>)



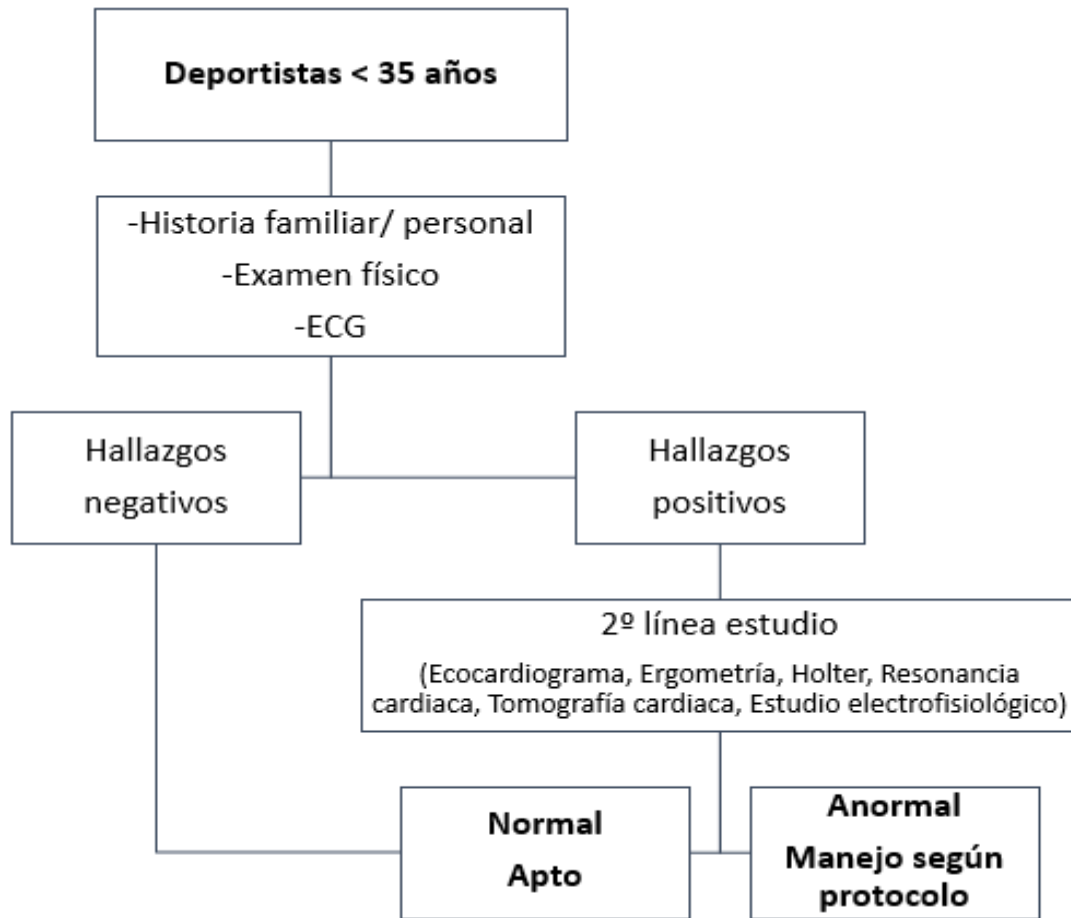
Modelo europeo

En el año 2005:

La Sociedad Europea de Cardiología publicó un consenso de expertos [nivel de evidencia C] que, en gran parte, está basado en la experiencia del cribado preparticipativo que en Italia se realiza desde el año 1982 (Corrado et al., 2006). Este consenso de expertos aporta un práctico enfoque de cómo realizar el cribado preparticipativo en deportistas jóvenes. En un primer nivel de cribado preparticipativo se incluye la historia familiar y personal, el examen físico y el electrocardiograma [figura 1]. En los casos donde se encuentre alguna alteración, se decide pedir otros estudios complementarios que constituyen una segunda línea; estos son estudios de imagen, como el ecocardiograma Doppler, la resonancia magnética cardíaca o la tomografía computarizada de arterias coronarias; o estudios de la conducción eléctrica miocárdica, como son la prueba de esfuerzo, el Holter-ECG 24 horas o el estudio electrofisiológico. (Grazioli, 2017, <https://bit.ly/3KWBcpd>)



Figura 1. Modelo de *screening* preparticipativo recomendado por la Sociedad Europea de Cardiología



Fuente: Grazioli, 2017, <https://bit.ly/3KWBcpd>

En todos los países de la Unión Europea se adopta la recomendación de incluir el ECG en el cribado preparticipativo (Corrado et al., 2011), aunque existen diferencias en las asociaciones responsables de cada país: algunas limitan el cribado a los deportistas competitivos, mientras que otras lo incluyen en los deportistas que practican el deporte en forma recreativa. En Cataluña se ha publicado el consenso para la prevención de muerte súbita en el deporte (Sitges et al., 2013), el cual —tomando como base el modelo europeo— sugiere la realización del cribado a todos los deportistas de los tres anillos superiores, es decir, a) la historia

familiar/personal; b) examen físico dirigido, ambos puntos (a y b) resumidos en el modelo de 12 puntos propuesto por la American Heart Association (Maron et al., 2005); c) electrocardiograma. Ello, reservando la realización de pruebas adicionales, es decir, d) ecocardiograma Doppler y e) prueba de esfuerzo a sujetos con anomalías en las primeras pruebas básicas o de forma rutinaria a los deportistas competitivos, de alta exigencia física (Mitchell III-C) o mayores de 35 años. (Grazioli, 2017, <https://bit.ly/3KWBcpd>)

En Europa, si bien la Sociedad Europea de Cardiología coloca el ecocardiograma Doppler como una segunda línea de estudios, en forma práctica, hasta dos tercios de los médicos lo utilizan en la evaluación inicial (D'Ascenzi et al., 2021); tanto en el deporte competitivo como el *amateur*. Esto, por la utilidad que demostró el ECG para detectar enfermedades que pueden causar muerte súbita en el deporte.

Figura 2: Representación esquemática del cribado preparticipativo sugerido en Cataluña



Fuente: Grazioli, 2017, <https://bit.ly/3KWBcpd>

Screening según los grupos etarios

Existen diferentes estudios de investigación que han incluido individuos de diferentes edades, siempre menores de 35 años.

a) **Niños:** “habitualmente se considera desde el primer año de vida hasta los 12 años” (Grazioli, 2017, <https://bit.ly/3KWBcpd>). Un estudio recientemente publicado, que incluyó a 22 324 niños deportistas, objetivó que la sensibilidad del *screening* cardiovascular para la detección de patología cardiovascular potencialmente causante de muerte súbita era menor en este grupo etario que en adolescentes (Sarto et al., 2023). Es decir, en el caso del *screening* cardiovascular en niños deportistas asintomático, la relación costo-efectivo es menor que en adolescentes. Este estudio recomienda que el *screening*, en este grupo etario, se limite al grupo de niños deportistas que presenten síntomas y/o tengan antecedentes familiares de miocardiopatía o muerte súbita (Sarto et al., 2023).

b) Adolescentes:

Individuos entre 12 y 18 de edad. En este rango de edad se agrupan a los estudiantes de escuela secundaria. Es el grupo con mayor evidencia científica, que incluye desde adolescentes de escuela secundaria hasta adultos en sus primeros años de universidad (Mayer et al., 2012). (Grazioli, 2017, <https://bit.ly/3KWBcpd>)

En este grupo etario, el *screening* cardiovascular ha demostrado tener una alta relación costo-beneficio para la detección de patología cardiovascular potencialmente causante de muerte súbita. Asimismo, se ha confirmado que la repetición periódica del *screening* cardiovascular está indicada en este grupo etario, ya que es en este período cuando varias miocardiopatías causantes de muerte súbita pueden mostrar su primera expresión fenotípica; por lo tanto, la repetición periódica tendría beneficio (Sarto et al., 2021).

c) **Adultos jóvenes:** individuos entre 19 y 35 años. La evidencia científica existente es menor que en adolescentes, pero los estudios disponibles documentan un coste-efectividad similar al presentado en deportistas adolescentes (Magalski et al., 2011).

El objetivo de los programas de cribado preparticipativo es identificar en forma efectiva y eficiente [es decir, con un elevado *likelihood ratio* positivo] a los individuos en riesgo de padecer una muerte súbita en el deporte. Decimos en forma «efectiva» para referir que el éxito de un programa de cribado es cuando su sensibilidad es cercana al 100 %, y «eficiente» para

vincular esa sensibilidad a la menor utilización de recursos que sea posible; de esta forma, introducir el concepto de costo-eficacia. (Grazioli, 2017, <https://bit.ly/3KWBcpd>)

En mayores de 35 años, la causa más frecuente de muerte súbita en deportista deja de ser las miocardiopatías y pasa a ser la cardiopatía isquémica. Las pruebas adicionales al *screening* básico para la evaluación en este grupo etario, con base en las recomendaciones de la Sociedad Europea de Cardiología, se resumen a continuación (Borjesson et al., 2019).

- a) Individuos asintomáticos que realizan ejercicio o deportistas con un *score* de riesgo cardiovascular bajo. No se requieren pruebas adicionales.
- b) En individuos asintomáticos que realizan ejercicio o deportistas que presenten un *score* de riesgo cardiovascular alto —lo que sería una probabilidad mayor del 5 % de tener un evento isquémico en 10 años—, se recomienda completar el estudio con una prueba de esfuerzo máxima. En el caso de que la prueba de esfuerzo sea dudosa, pero no diagnóstica, se recomienda completar el estudio con otra prueba de isquemia no invasiva, como un ecocardiograma o RMN de estrés o una angiografía coronaria por tomografía computarizada (también llamado TAC coronario).
- c) En individuos que realizan ejercicio o deportistas con síntomas, se propone la realización de un TAC coronario para estratificar el riesgo y eventual decisión terapéutica.

Pruebas complementarias de primera línea en el cribado del deportista

Historia clínica y Examen físico

El examen físico está orientado a buscar signos de enfermedades relacionadas con la muerte súbita en el deporte, tomando como base las recomendaciones de la American Heart Association en el cuestionario orientado de 14 puntos, que incluye la historia familiar/personal y, en los últimos 4 puntos, el examen físico (Grizolia, 2017).

Historial personal

1. Dolor/molestia/presión en el pecho relacionado con el esfuerzo



2. Síncope/presíncope no explicado
3. Disnea/fatiga excesiva e inexplicable o palpitations asociadas con ejercicio
4. Examen previo de un soplo en el corazón
5. Presión arterial elevada
6. Restricción previa para participar en deportes
7. Pruebas previas cardíacas ordenadas por un médico

Historial familiar

8. Muerte prematura (súbita e inesperada o de otra manera) en menores de 50 años, atribuible a enfermedad cardíaca, de un familiar.
9. Discapacidad por enfermedad cardíaca de un familiar cercano menor a 50 años.
10. Cardiomiopatía hipertrófica o dilatada, síndrome de QT largo u otras cardiopatías de canal iónico, síndrome de Marfan o arritmias clínicamente significativas; conocimiento específico de afecciones cardíacas genéticas en familiares.

Examen físico

11. Soplo cardíaco
12. Pulsos femorales para excluir coartación aórtica
13. Signos físicos de síndrome de Marfan
14. Presión arterial en el brazo, cuando el deportista está sentado

Pocos estudios son los que han analizado el valor diagnóstico del examen físico en forma aislada para detectar enfermedades potencialmente ligadas al riesgo de muerte súbita en el deporte e (Fuller et al., 1997; Baggish et al., 2010; Magalski et al., 2011); en general, se observa una incidencia cercana al 5 % de hallazgos anormales en la exploración física, pero con una especificidad limitada.

Por lo tanto, podríamos resumir, al igual que con la historia familiar y personal, que por su sencillez y bajo costo, el examen físico orientado es una herramienta de utilidad para el cribado preparticipativo [utilizando el *checklist* de 14 puntos propuesto por la American Heart Association]. (Grazioli, 2017, <https://bit.ly/3KWBcpd>)



También, resulta muy importante agregar algunas preguntas a este cuestionario modelo relacionadas con los siguientes puntos:

- a) **Tipo de deporte:** se utiliza la nueva clasificación propuesta por el grupo italiano (Pelliccia et al., 2018), que divide a los deportes en aquellos de habilidad, fuerza, mixtos o de resistencia.

Tabla 1: Tipos de deporte

Habilidad 	Fuerza 	Mixto 	Resistencia 
<ul style="list-style-type: none"> • Golf • Arco • Vela • Tenis mesa • Equitación • Karate • Tiro • Trineo • Salto esquí 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesas • Judo • <i>Box</i> • Carrera corta • Lanzamiento • Jabalina • Gimnasia artística • Esquí alpino • <i>Snowboard</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Fútbol • Baloncesto • Voleibol • Waterpolo • Tenis • Esgrima • Balonmano • Rugby • Hockey 	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclismo • Remo • Natación • Carrera larga • Canoa • Triatlón • Pentatlón • Esquí montaña • Biatlón

Fuente: elaboración propia

- b) **FIT-T o METs hora/semana:** es decir, la frecuencia, intensidad y tiempo de actividad que realiza el deportista por semana (Corrado et al., 2006). Esto permite calcular los METs hora/semana que realiza; es una medida aceptada para poder comparar poblaciones a estudio (Jeong et al., 2019).

Tabla 2: FIT-T o METs hora/semana

Frecuencia <ul style="list-style-type: none"> • Sesiones/semana
Intensidad <ul style="list-style-type: none"> • Resistencia: % promedio FC reserva o VO2 pico • Fuerza: % 1 RM o 5 RM (máxima repetición) • Mixto: % promedio FC reserva
Tiempo

<ul style="list-style-type: none"> ● Días/semana ● Tiempo / semana (minutos u horas)
Tipo <ul style="list-style-type: none"> ● Fuerza, resistencia o mixto ● Flexibilidad ● Coordinación y balance

Fuente: elaboración propia.

- c) **Historia deportiva:** en referencia a los años que el deportista ha practicado uno u otro deporte.

Electrocardiograma

En la década de 1980:

Se ha propuesto al electrocardiograma como estudio diagnóstico de utilidad en el cribado preparticipativo (Corrado et al., 2006) y, desde el año 2005, existe un consenso europeo que recomienda su utilización; sin embargo, aún existe la controversia acerca de la utilidad del electrocardiograma en Estados Unidos (Maron et al., 2015). [...] En el año 2013 se publicaron los criterios de Seattle (Drezner et al., 2013), que [...] disminuyeron el porcentaje de falsos positivos a menos del 5 % (Brosnan et al., 2014). (Grazioli, 2017, <https://bit.ly/3KWBCpd>)

En el año 2014 fueron publicados los criterios refinados, utilizando un código de colores, como un semáforo, donde 2 puntos amarillos se consideran un rojo; es decir, se requiere de una segunda línea de estudio, mejorando la especificidad en raza negra (Sheikh et al., 2014).

En el año 2017, se publicó un consenso de expertos con los criterios internacionales (Sharma et al., 2018), los cuales adoptan el formato de los criterios refinados, pero mejorando la especificidad. Esto, porque el nuevo consenso considera normal los siguientes parámetros: a) patrón juvenil de onda T invertida V1-V2-V3 en menos de 16 años; b) bloqueo AV hasta 400 m/s; c) bradicardia > 30 lpm, y d) ritmo auricular bajo o el ritmo de la unión. Como anormal, este consenso considera el bloqueo AV tipo Mobitz II. Esta evolución para mejorar la especificidad, sin perder sensibilidad, fue generada por diversos grupos de investigación a nivel mundial (Baggish, 2015) —como se muestra en



la figura 3—, y en la actualidad se adoptan los criterios internacionales (Sharma et al., 2018).

Figura 3: Historia del ECG en deportistas



Fuente: elaboración propia con base en Sharma et al., 2018

En relación con las alteraciones del electrocardiograma y la capacidad diagnóstica de cada una de ellas, existen tres que representan mayor utilidad para la toma de decisiones: a) ondas T negativas, b) extrasístoles ventriculares y c) síndrome de preexcitación.

Pruebas complementarias de segunda línea en el cribado del deportista

Ecocardiograma Doppler

Se ha planteado la incorporación del ecocardiograma en el cribado preparticipativo, debido a que, en ocasiones, aporta el diagnóstico de certeza ante una sospecha generada en el cuestionario, en el examen físico o en el electrocardiograma; además, aporta un valor diagnóstico agregado, fundamentalmente en tres patologías (Grazioli, 2014):

- a) **Miocardiopatía hipertrófica con ECG normal:** aproximadamente, en un 6 % de adultos (McLeod et al., 2009) y hasta en el 27 % de adolescentes asintomáticos (Savage et al., 1978), la miocardiopatía hipertrófica cursa con electrocardiograma normal; por lo tanto, en este grupo, el ecocardiograma toma un rol principal en el cribado.

- b) **Anomalías del origen de las arterias coronarias:** el diagnóstico del origen anómalo se puede realizar mediante el ecocardiograma, y con el actual avance de la imagen en ecocardiografía se han descrito mejores datos de sensibilidad diagnóstica, siendo cercana al 99 % en adolescentes (Labombarda et al., 2014).
- c) **Enfermedades de la aorta:** la dilatación de la raíz aórtica puede ser sospechada en el examen físico por los signos asociados al síndrome de Marfan, pero también puede presentar menor expresión semiológica en jóvenes, o bien no estar asociada al síndrome de Marfan; por lo que puede pasar desapercibida en el examen. En una gran cohorte realizada en deportistas olímpicos, se establecieron los límites que correspondían al percentil 99 de la población; estos son 40 mm para los hombres y 34 mm para las mujeres (Pelliccia et al., 2010). Sin embargo, las recomendaciones americanas actuales proponen el uso del *Z-score* y los 2 desvíos estándar (Braverman et al., 2015) con percentiles de otro estudio realizado en población no deportista, con base en la edad y el área de superficie corporal (Devereux et al., 2012). [...] Otra de las patologías a descartar es la coartación aórtica, que en principio se sospecha por los pulsos femorales (Bonow et al., 2005). Finalmente, la válvula aórtica bicúspide puede ser detectada por un soplo en el examen físico, y es una de las alteraciones más frecuentes que podemos encontrar en un cribado preparticipativo. (Grazioli, 2017, <https://bit.ly/3KWBcpd>)

El protocolo habitualmente usado en deportistas “incluye tres vistas clásicas de ejes paraesternal corto, paraesternal largo y 4 cámaras, más aorta, y busca las cardiopatías morfológicas que más frecuentemente causan la muerte súbita” (Grazioli, 2017, <https://bit.ly/3KWBcpd>). Estas patologías se detallan en el protocolo de *screening* con 17 vistas en imagen o video (Weiner et al., 2012):



Eje largo paraesternal

1. Imagen 2D
2. Doppler color de las válvulas mitral y aórtica
3. Doppler continuo de entrada del VD de la insuficiencia tricúspide

Eje corto paraesternal

4. Imagen 2D de válvula aórtica con origen de arterias coronarias
5. Doppler color de válvula aórtica
6. Imagen 2D de válvula pulmonar
7. Doppler continuo de válvula pulmonar
8. Imagen 2D a nivel del músculo papilar
9. Imagen 2D en el vértice

Imagen apical de 4 cámaras

10. Imagen 2D de ventrículos izquierdo y derecho
11. Doppler pulsado del flujo transmitral
12. Doppler color de *séptum* interauricular
13. PW DTI del anillo *séptum* mitral
14. TAPSE base del VD

Imagen apical de cinco cámaras

15. Imagen 2D
16. Doppler continuo de válvula aórtica

Imagen apical de dos cámaras

17. Imagen 2D

Existe evidencia científica que sugiere que, con base en la detección de patologías detectables mediante el ecocardiograma, esta técnica sería de utilidad para el cribado preparticipativo, cuando se aplica al menos una vez en la vida del deportista a (Stefani et al., 2008; Rizzo et al., 2012). Sin embargo, son necesarios más datos acerca del costo-eficacia adecuado, según el lugar geográfico que se analice y el costo de vida en este (Wheeler et al., 2010; Leslie et al., 2012; Menafoglio et al., 2014). Una reciente publicación de dos grupos de trabajo de la Sociedad Europea de Cardiología (Mont et al., 2017) sugiere que existen tres limitaciones de la adición del ecocardiograma



Doppler dentro de la primera línea de estudio: a) el costo adicional del estudio, b) la poca experiencia en el uso en los programas de cribado y c) la falta de evidencia en el valor añadido del ecocardiograma al ECG en la detección de patologías. (Grazioli, 2017, <https://bit.ly/3KWBcpd>)

El Doppler tisular aporta un valor agregado cuando la relación E/A del flujo transmitral en deportistas simula tener un valor restrictivo, por el aumento de flujo durante relajación isovolumétrica. En estos casos, la presencia de una e' mayor a 10 cm/s en el anillo mitral es un signo de normalidad ante este cuadro. De esta forma, se otorga un punto más en el diagnóstico diferencial con miocardiopatía hipertrófica, donde la e' suele estar disminuida y ser menor a 10 cm/s (Caselli et al., 2014).

En relación con el valor agregado del *speckle-tracking* en el contexto del corazón del deportista, se señala que tiene un mayor uso para el diagnóstico diferencial en estadios tempranos de miocardiopatía hipertrófica o dilatada y en la caracterización de trastornos segmentarios de la motilidad (Pelliccia et al., 2018).

Prueba de esfuerzo

Existe escasa evidencia científica acerca de la utilidad de la prueba esfuerzo en el cribado preparticipativo; su mayor beneficio se centra en la detección de dos alteraciones que pueden pasar desapercibidas en el ECG basal de 12 derivaciones:

a) **Arritmia ventricular** que se mantiene en el máximo esfuerzo:

El mayor estudio de cohorte de pruebas de esfuerzo muestra una clara relación entre la detección de arritmia ventricular y la presencia de cardiopatía que motiven una toma de conducta en deportistas. [...] Otro estudio realizado en deportistas de élite muestra que la presencia de más de 10 extrasístoles ventriculares durante la prueba de esfuerzo estaría relacionada en forma significativa con la presencia de cardiopatía (Verdile et al., 2015). También, esta prueba tiene un importante papel en el diagnóstico de la taquicardia ventricular polimórfica catecolaminérgica, por la aparición o aumento de arritmia ventricular, a medida que se



incrementa el esfuerzo físico (Sarquella-Brugada et al., 2013). (Grazioli, 2017, <https://bit.ly/3KWBcpd>)

También, en la medida en que aparece arritmia ventricular compleja, es decir, extrasístoles muy frecuentes, multifocales, taquicardia ventricular o fenómeno de R sobre T (Refaat et al., 2021).

b) **Infradesnivel del segmento ST:**

En deportistas con anomalía en el origen de las arterias coronarias, este podría ser uno de los indicadores en un tercio de los pacientes que pueden presentar isquemia durante el ejercicio (Frommelt et al., 2011). En relación con la alteración del segmento ST como marcador de isquemia en la enfermedad coronaria precoz [como antes apuntábamos, con base en las recomendaciones europeas], su uso está indicado en deportistas asintomáticos con riesgo cardiovascular alto (Borjesson et al., 2011). (Grazioli, 2017, <https://bit.ly/3KWBcpd>)

Sin embargo, se ha cuestionado esta indicación, ya que —a pesar de su utilidad en el diagnóstico de enfermedad coronaria silente— no existe evidencia científica extensa para determinar si dicho diagnóstico brinda un pronóstico. Es decir, se desconoce que dicho diagnóstico reduzca la incidencia de muerte súbita en esta etapa evolutiva de la enfermedad coronaria (Kim et al., 2012 citado en Grazioli, 2017).

Protocolos de ejercicio en la prueba de esfuerzo convencional

El protocolo de Bruce, que fue descrito en la década de 1950 por el Dr. Robert Bruce, es el más utilizado tradicionalmente en todo el mundo, y se ha arraigado en la evaluación del riesgo cardíaco, especialmente para la enfermedad de las arterias coronarias (Husaini y Emery, 2023). El protocolo de Bruce estándar utiliza una cinta rodante a 1,7 millas por hora con una inclinación del 10 %, con un aumento de aproximadamente el 2 %, y 1 mph cada 3 min. Cada etapa sucesiva aumenta la carga de trabajo, aproximadamente, en tres



equivalentes metabólicos. Sin embargo, estos grandes saltos en la carga de trabajo pueden dificultar la precisión del diagnóstico y, ante la sospecha de taquicardia catecolaminérgica, parecería ser de utilidad protocolos con un ascenso más rápido que lleguen al pico mucho antes de los 10 minutos (Bhardwaj et al., 2022).

Los deportistas que generalmente logran cargas de trabajo elevadas, con inclinación importante de la cinta —que en el protocolo de Bruce puede ser mayor al 20 %— pueden tener dos problemas:

1. Caminar a un nivel alto de velocidad y pendiente. Esto no reproduce el tipo de ejercicio que realizan la mayoría de los atletas.
2. La limitación por incomodidad en el músculo gemelo. Esta incomodidad se relaciona con la inclinación, más que con el agotamiento cardiopulmonar.

Por lo tanto, es de utilidad que el protocolo de ejercicio se adapte a la condición física inicial de los individuos y permita que la prueba dure entre 8 a 12 minutos, por lo que habitualmente se utiliza el protocolo adaptado a deportistas que comienza con 6 km/hora, con una pendiente fija de 1 % y el incremento de 1 km/hora por cada minuto (Fernández y Ruiz, 2013). Con el valor agregado, parece ser más adecuada la prueba para la estimación indirecta del VO_2 máximo y del umbral ventilatorio 2 o láctico a un 93 % de la frecuencia cardiaca máxima en el pico del esfuerzo.

Prueba de esfuerzo cardiopulmonar

Existen dos indicaciones habituales de esta prueba en deportistas: a) mejorar el rendimiento, debido a que los parámetros de intercambio de gases pueden determinar umbrales metabólicos que ayudan a crear varias zonas de ejercicio y establecer entrenos predeterminados; b) ayudar al diagnóstico etiológico en presencia de un deportista con síntomas. En la mayoría de las ocasiones, el deportista presenta una disnea desproporcionada con el ejercicio realizado (Husaini y Emery, 2023), dando parámetros que ayudan a establecer el diagnóstico diferencial entre los componentes cardiológico o respiratorio y el desentrenamiento aeróbico, con un especial valor agregado en la isquemia microvascular de la enfermedad coronaria no significativa de las arterias epicárdicas (Chaudhry et al., 2018).

Ecocardiograma de estrés

La ecografía de esfuerzo es una técnica para el diagnóstico de cardiopatía isquémica y algunas valvulopatías. Consiste en una prueba de esfuerzo, a la que se le suman imágenes basales e imágenes en el máximo esfuerzo; luego se comparan, con el objetivo de diagnosticar alteraciones en la motilidad del ventrículo izquierdo secundarias a isquemia, tal como refiere el consenso de la Sociedad Europea de Cardiología (Sicari et al., 2009). También se puede observar el aumento de gradientes con el ejercicio, en el caso de las valvulopatías, con una sensibilidad y especificidad similar al SPECT de



perfusión miocárdica (Peteiro y Bouzas-Mosquera, 2010), pero con un costo menor. Habitualmente, en el contexto de deporte, la adquisición de imágenes basales e imágenes en el posesfuerzo inmediato —es decir, en el primer minuto de la recuperación— se toman cuando el deportista usa una cinta rodante o bicicleta. Sin embargo, en el caso de que una persona no pueda realizar un esfuerzo físico, este *test* también se puede realizar con un apremio farmacológico; habitualmente se utiliza dobutamina, adenosina o dipiridamol.

En comparación con la prueba de esfuerzo convencional, las imágenes obtenidas en el máximo esfuerzo mejoran un 16 % la sensibilidad diagnóstica (Bouzas-Mosquera et al., 2009), reduciendo de este modo el número de falsos negativos. En resumen, las ventajas principales de este estudio son las siguientes: 1) menor coste; 2) no tiene irradiación, y 3) mayor comodidad para el paciente, debido a que se realiza en menos de 1 hora.

Como segunda línea en el *screening*, el ecocardiograma de estrés ha demostrado tener utilidad para el diagnóstico diferencial entre corazón de deportista y la miocardiopatía dilatada; debido a que, cuando se trata de enfermedad, la fracción de eyección del ventrículo izquierdo no aumenta o lo hace ligeramente (<11 %) (Millar et al., 2020). También, es usado para la diferenciación de miocardiopatía arritmogénica, la cual presenta un menor cambio de área fraccional, *strain rate* global y *strain* de la pared ventrículo derecho, cuando se lo compara con deportistas sanos (Claeys et al., 2020).

Holter ECG 24 horas

Este estudio constituye un elemento de ayuda al diagnóstico precoz de muchas enfermedades que pueden presentar los deportistas (Pelliccia et al., 2005). Hoy en día, existen varios dispositivos que usan una camiseta de banda con electrodos (Fabregat-Andres et al., 2014), que han facilitado el uso durante el entrenamiento y, debido a esto, la mayor sensibilidad en la búsqueda de arritmia.

En relación con la arritmia ventricular en deportistas de élite, el hallazgo de extrasístoles en un electrocardiograma o en la prueba de esfuerzo de un deportista constituyen la indicación de un Holter, y existe relación con la existencia de cardiopatía subyacente cuando el número de extrasístoles ventriculares es superior a 2000 en 24 horas (Biffi et al., 2002).



Otra de las indicaciones es la sospecha diagnóstica de displasia arritmogénica de ventrículo derecho, que constituye un criterio diagnóstico menor cuando existen más de 500 extrasístoles ventriculares por día, o mayor, si pasa las 1000 (Marcus et al., 2010). También, en el caso de sospecha de miocardiopatía hipertrófica, para el diagnóstico de arritmia ventricular compleja con un nivel de recomendación clase I (Gersh et al., 2011).

Por último, la sintomatología de palpitaciones o síncope, o también ante la sospecha de algún tipo de arritmia supraventricular o bloqueo aurículo-ventricular, constituyen indicaciones actuales del monitoreo Holter con ECG de 24 horas (Zipes et al., 2015). (Grazioli, 2017, <https://bit.ly/3KWBcpd>)

En la última década, de la mano de la explosión tecnológica, se han desarrollado nuevos dispositivos para la monitorización del ECG, como aquellos dispositivos que permiten el registro de una derivación del ECG sin cables asociados. Así, se puede obtener un registro de ECG durante la práctica deportiva con una calidad adecuada para su interpretación. Dichos dispositivos se utilizan cada vez más en el ámbito deportivo, ya que nos permiten registrar el ECG en condiciones reales de entrenamiento y/o competición (Fabregat-Andres et al., 2014).

Resonancia magnética

“Su utilidad se ha descrito para mejorar la especificidad diagnóstica y forma parte de la segunda línea de estudios” (Grazioli, 2017, <https://bit.ly/3KWBcpd>). La resonancia cardíaca permite evaluar la estructura cardíaca de forma más detallada, con una medición más precisa de los volúmenes y grosores parietales de ambos ventrículos. Asimismo, mejora la habilidad diagnóstica del ecocardiograma para la evaluación del origen de las arterias coronarias, en caso de que exista sospecha de una anomalía (Villa et al., 2016).

Los signos de alarma (*red flags*) que sugieren la necesidad de completar el estudio con una resonancia cardíaca son los siguientes:

- **La presencia de ondas T negativas en el ECG.** Es de especial utilidad en estos casos para la detección de formas localizadas o atípicas de miocardiopatía hipertrófica,



mejorando la sensibilidad del ecocardiograma, especialmente en los segmentos de difícil visualización (Maron et al., 2009; Luijkx et al., 2013).

- **Extrasístoles ventriculares frecuentes o morfologías poco comunes** en el deportista, que nos señalan una alta probabilidad de patología cardíaca subyacente (Zorzi et al., 2019).
- **Datos ecocardiográficos de hipertrofia o dilatación ventricular limítrofes** como parte del diagnóstico diferencial entre remodelado estructural adaptativo y miocardiopatía incipiente (Weiner et al., 2012).

Además, la resonancia cardíaca nos permite realizar una caracterización del tejido miocárdico. El estudio de realce tardío con gadolinio permite identificar zonas del miocardio con fibrosis. Por ello, es de especial utilidad para el diagnóstico de miocarditis crónica y aguda (Friedrich, 2008) y tiene un valor diagnóstico y pronóstico añadido en diversas miocardiopatías (Zorzi et al., 2016).

La utilidad del T1 *mapping* se centra principalmente en mejorar la sensibilidad en la evaluación del volumen extracelular y fibrosis difusa, sin el requerimiento de gadolinio. Además, ayuda al diagnóstico diferencial o la exclusión de enfermedades, como la miocarditis, amiloidosis o la fibrosis difusa, que elevan el valor del T1 (valor normal: 800-1000) (Moon et al., 2013).

Recientemente, al estudio de RM habitual, se ha incorporado la evaluación en estrés; ello se consigue con la incorporación de una bicicleta supina especialmente adaptada. Dicha valoración tiene escasa disponibilidad en el momento actual, pero la evidencia existente ha demostrado que es una prueba con alta sensibilidad y especificidad para el diagnóstico diferencial entre remodelado adaptativo y miocardiopatía incipiente. En concreto, para la diferenciación diagnóstica entre miocardiopatía dilatada y dilatación fisiológica ventricular inducida por el ejercicio, un incremento de la función ventricular izquierda menor al 11 % parecería tener un importante significado patológico (Claessen et al., 2018).

Tomografía computarizada

“Esta técnica de diagnóstico no invasivo presenta su mayor utilidad en la detección de coronariopatía congénita o adquirida (Taylor et al., 2010) y clásicamente se ha utilizado para el diagnóstico de las anomalías coronarias (Villa et al., 2016)” (Grazioli, 2017, <https://bit.ly/3KWBcpd>).

En relación con la enfermedad coronaria precoz, el uso del score de calcio se ha planteado como screening en deportistas mayores de 35 años con riesgo moderado (La Gerche et al., 2013 citado en Grazioli, 2017); sin embargo, no parece ser de utilidad en deportistas que realizan más de 5 horas de ejercicio aeróbico por semana (Defina et al., 2018) y si bien



podría existir un mayor volumen de placa aterosclerótica, esta no se relaciona al desarrollo de eventos coronarios en el futuro.

Estudio electrofisiológico

El estudio electrofisiológico representa es un test invasivo que tiene indicación en una pequeña proporción de deportistas, siendo de los estudios de segunda línea el que menor indicación tiene, se utiliza para realizar el diagnóstico de los siguientes escenarios clínicos (Zipes et al., 2015) a) bloqueo AV que aparece con el ejercicio, b) bloqueo AV que no mejore con ejercicio, c) bloqueo AV con bloqueo de rama coexistente, d) bloqueo de rama izquierda y síncope, e) síncope en ejercicio de causa no explicada, f) taquicardia paroxística supraventricular en la prueba de esfuerzo, g) síndrome de preexcitación, h) arritmia ventricular compleja. (Grazioli, 2017, <https://bit.ly/3KWBcpd>)

Test genético

La indicación del *test* genético, básicamente, se da en tres escenarios: a) antecedente familiar de miocardiopatía, b) antecedente familiar de genotipo positivo y c) deportista en zona gris (entre adaptaciones secundarias al remodelado por el deporte y una miocardiopatía) (Castelletti et al., 2022). Se realiza con el objetivo de descartar seis enfermedades: síndrome de QT largo; taquicardia ventricular polimórfica catecolaminérgica; síndrome de Brugada; miocardiopatía hipertrófica; miocardiopatía arritmogénica, y miocardiopatía dilatada.

Es importante destacar que, en muchos laboratorios de diagnóstico genético, las pruebas se realizan con paneles NGS (*next-generation sequencing*), que incluyen genes de secuenciación que están asociados con la enfermedad diagnosticada o sospechada. Los enfoques más integrales incluyen la secuenciación del exoma completo (WES, *whole-exome sequencing*), que abarca todas las regiones codificantes del genoma y la secuenciación del genoma completo (WGS, *whole-genome sequencing*). Por lo tanto, implica la secuenciación de todas las regiones codificantes y no codificantes del ADN. La secuenciación del genoma completo proporciona un conjunto de datos; interpretarlos requiere esfuerzos significativos en términos de volumen y costo financiero.



El problema se presenta porque estas enfermedades tienen una diferente incidencia y *likelihood ratio* del *test*. Esto condiciona la utilidad y limita su uso en el *screening*. Por lo tanto, aparte del *test* propiamente dicho, este debe ser completado con un médico especialista en este campo que balancee estos datos con el contexto clínico y la expresión del fenotipo.

Aspectos legales

En relación con las implicaciones legales del cribado predeportivo, es interesante destacar la tendencia actual de que la decisión de participar en un deporte competitivo es tomada en conjunto por el deportista y el médico. Este modelo de pensamiento ya se expresa en las recomendaciones realizadas por los expertos de Estados Unidos, quienes dejan en claro que las recomendaciones no pretenden establecer mandatos absolutos que deban ser seguidos en todos los casos, ni son un estándar médico de atención; sino, más bien, constituyen un documento de referencia de consenso que es potencialmente útil para resolver dilemas clínicos predeciblemente difíciles (Mitten et al., 2015).

En resumen, la decisión final recae en el atleta informado, quien debe sintetizar esta información a la luz de sus propios objetivos y aspiraciones. Es decir, la toma de decisiones compartida se centra en el paciente (Kim y Dickert, 2022).

En Europa, las recomendaciones destacan que los algoritmos actuales de estratificación de riesgos para pacientes con miocardiopatía se derivan de una población sedentaria, lo cual puede no ser adecuado para atletas competitivos sujetos a mayores tensiones físicas y metabólicas durante el ejercicio intenso. Así, se sugiere un enfoque individualizado que considere varios factores, incluyendo el estado sintomático, los factores de riesgo establecidos, la historia natural de la enfermedad, la edad del atleta, la duración de la competición previa al diagnóstico y las características de la disciplina deportiva, al asesorar sobre la participación o la descalificación en deportes competitivos (Pelliccia et al., 2019). La participación del atleta en el proceso de toma de decisiones es crucial, y los atletas que entienden completamente y desean participar en deportes competitivos, a pesar del consejo médico, no deben perjudicar al médico que brinda el consejo.

Referencias

Baggish, A. (2015). A decade of athlete ECG criteria: Where we've come and where we're going. *J. Electrocardiol.*, 48(3), pp. 324–328

Bhardwaj, P., Stampe, N., Jespersen, C., Tfelt-Hansen, J., Winkel, B. (2022). Exercise Testing Using Sprint Protocol vs Bruce Protocol in Catecholaminergic Polymorphic



Ventricular Tachycardia. *JACC Case Reports*, 4(15), pp. 996–1000,

Borjesson, M. y otros, (2019). Brief recommendations for participation in leisure time or competitive sports in athletes–patients with coronary artery disease: Summary of a Position Statement from the Sports Cardiology Section of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC). *Eur. J. Prev. Cardiol.*, 1(40), pp. 13-18

Bouzas-Mosquera, A. y otros, (2009). Prognostic Value of Exercise Echocardiography in Patients with Left Bundle Branch Block. *JACC Cardiovasc. Imaging*, 2(3), pp. 251–259

Caselli, S., Maron, M., Urbano-Moral, J., Pandian, G., Maron, B., Pelliccia, A. (2014). Differentiating Left Ventricular Hypertrophy in Athletes from That in Patients with Hypertrophic Cardiomyopathy. *Am. J. Cardiol.*, 114(9), pp. 1383–9

Castelletti, S. y otros, (2022). Indications and utility of cardiac genetic testing in athletes. *Eur. J. Prev. Cardiol.*, 29(12), pp. 1582–1591

Chaudhry, S., Arena, R., Bhatt, D., Verma, S., Kumar, N. (2018). A practical clinical approach to utilize cardiopulmonary exercise testing in the evaluation and management of coronary artery disease: A primer for cardiologists. *Curr. Opin. Cardiol.*, 33(2), pp. 168–177

Claessen, G. y otros, (2018). Exercise cardiac magnetic resonance to differentiate athlete's heart from structural heart disease. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*, 19(9), pp. 1062–1070

Claeys, M., Claessen, G., Claus, P. (2020). Right ventricular strain rate during exercise accurately identifies male athletes with right ventricular arrhythmias," *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*, 21(3), pp. 282–290

Corrado, D., Basso, C., Andrea, P. (2006). Trends in Sudden Cardiovascular Death in Young Competitive Athletes After Implementation of a Preparticipation Screening Program. *JAMA*, 296(13), pp. 1593–1601

D'Ascenzi, F. y otros, (2021). The use of cardiac imaging in the evaluation of athletes in the clinical practice: A survey by the Sports Cardiology and Exercise Section of the European Association of Preventive Cardiology and University of Siena, in collaboration with the European Asso. *Eur. J. Prev. Cardiol.*, 28(10), pp. 1071–1077

Defina, L. y otros, (2018). Association of All-Cause and Cardiovascular Mortality with High Levels of Physical Activity and Concurrent Coronary Artery Calcification. *JAMA Cardiol.*, 4(2), pp. 174-181

Fabregat-Andres, O., Muñoz-Macho, A., Adell-beltran, G., Ibanez-Catala, X., Macia, A., Facila, L. (2014). Evaluation of a New Shirt-Based Electrocardiogram Device for



Cardiac Screening in Soccer Players: Comparative Study with Treadmill Ergospirometry. *Cardiol Res*, 5, pp. 101–107

Fernández, L., Ruíz, M. (2013). Valoración de la condición aeróbica del corredor de orientación a pie de alto nivel español. *Arch. Med. del Deport.*, 30(158), pp. 359–364

Friedrich, M. (2008). Tissue Characterization of Acute Myocardial Infarction and Myocarditis by Cardiac Magnetic Resonance. *JACC Cardiovasc. Imaging*, 1(5), pp. 652–662

Grazioli, G. C. (2017). *Prevención de muerte súbita en el deporte mediante el cribado preparticipativo* (tesis doctoral). https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/120232/1/GCG_TESIS.pdf

Husaini, M., Emery, M. (2023). Cardiopulmonary Exercise Testing Interpretation in Athletes: What the Cardiologist Should Know. *Cardiol. Clin.*, 41(1), pp. 71–80

Jeong, S., Sun-Hwa, K., Si-Hyuck, K., Hee-Jun, K., Chang-Hwan, Y., Tae-Jin, Y. (2019). Mortality reduction with physical activity in patients with and without cardiovascular disease. *Eur. Heart J.*, 40(43), pp. 3547–3555

Kim, J., Dickert, N. (2022). Athletes with Cardiovascular Disease and Competitive Sports Eligibility Progress and Challenges Ahead. *JAMA*, pp. 1–7

Luijckx, T. y otros, (2013). Unravelling the grey zone: cardiac MRI volume to wall mass ratio to differentiate hypertrophic cardiomyopathy and the athlete's heart. *Br. J. Sports Med.*, 49(21), pp. 1404–9

Magalski, A. y otros, (2011). Cardiovascular screening with electrocardiography and echocardiography in collegiate athletes. *Am. J. Med.*, 124(6), pp. 511–8

Maron, M. y otros, (2009). Hypertrophic Cardiomyopathy Phenotype Revisited After 50 Years with Cardiovascular Magnetic Resonance. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 54(3), pp. 220–228

Millar, L. y otros, (2020). Differentiation between athlete's heart and dilated cardiomyopathy in athletic individuals. *Heart*, 106(14), pp. 1059–1065

Mitten, M., Zipes, D., Maron, B., Bryant, W. (2015). Eligibility and Disqualification Recommendations for Competitive Athletes with Cardiovascular Abnormalities: Task Force 15: Legal Aspects of Medical Eligibility and Disqualification Recommendations: A Scientific Statement from the American Heart Association. *Circulation*, 132(22), pp. e346–e349

Moon, J. y otros, (2013). Myocardial T1 mapping and extracellular volume quantification:



A Society for Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR) and CMR Working Group of the European Society of Cardiology consensus statement. *J. Cardiovasc. Magn. Reson.*, 15(1), pp. 1–12

Pelliccia, A. y otros, (2021). 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. *Eur. Heart J.*, 1(42), pp. 17-96

Pelliccia, A. y otros, (2018). European Association of Preventive Cardiology (EAPC) and European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) joint position statement: recommendations for the indication and interpretation of cardiovascular imaging in the evaluation of the athlete's heart. *Eur. Heart J.*, 1(39), pp. 1949-1969

Pelliccia, A. y otros, (2019). Recommendations for participation in competitive and leisure time sport in athletes with cardiomyopathies, myocarditis, and pericarditis: position statement of the Sport Cardiology Section of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC). *Eur. Heart J.*, 40(1), pp. 19–33

Peteiro, J., Bouzas-Mosquera, A. (2010). Exercise echocardiography. *World J. Cardiol.*, 26(8), pp. 223–232

Refaat, M., Gharios, C., Vinayaga, M., Abdulhai, F., Roger, S., Blumenthal, M., Jaffa, M., Mora, S. (2021). Exercise-Induced Ventricular Ectopy and Cardiovascular Mortality in Asymptomatic Individuals. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 78(23), pp. 2267–2277

Sarto, P. y otros, (2021). Serial Versus Single Cardiovascular Screening of Adolescent Athletes. *Circulation*, 143, pp. 1729–1731

Sarto, P. y otros, (2023). Value of screening for the risk of sudden cardiac death in young competitive athletes. *Eur. Heart J.*, 21(44), pp. 1084-1092

Sharma, S. y otros, (2018). International recommendations for electrocardiographic interpretation in athletes. *Eur. Heart J.*, 39(16), pp. 1466–1480

Sheikh, N. y otros, (2014). Comparison of electrocardiographic criteria for the detection of cardiac abnormalities in elite black and white athletes. *Circulation*, 22(129), pp. 1637–49

Sicari, R., Nihoyannopoulos, P., Evangelista, A., Kasprzak, J., Lancellotti, P., Poldermans, D. y Voigt, J. (2009). Stress Echocardiography Expert Consensus Statement - Executive Summary: European Association of Echocardiography (EAE) (a registered branch of the ESC). *Eur. Heart J.*, 30(3), pp. 278–289

Villa, A., Sammut, E., Nair, A., Rajani, R., Bonamini, R., Chiribiri, A. (2016). Coronary artery anomalies overview: The normal and the abnormal. *World J. Radiol.*, 8(6), p. 537



Weiner, R. y otros, (2012). The feasibility, diagnostic yield, and learning curve of portable echocardiography for out-of-hospital cardiovascular disease screening. *J. Am. Soc. Echocardiogr.*, 25(5), pp. 568–75

Zorzi, A. y otros, (2016). Nonischemic Left Ventricular Scar as a Substrate of Life-Threatening Ventricular Arrhythmias and Sudden Cardiac Death in Competitive Athletes. *Circ. Arrhythmia Electrophysiol.*, 9(7), p. e004229

Zorzi, A. y otros, (2019). Screening young athletes for diseases at risk of sudden cardiac death: role of stress testing for ventricular arrhythmias. *Eur. J. Prev. Cardiol.*, 27(3), pp. 311–320

