

**CAMBIOS ELECTROCARDIOGRÁFICOS EN FUTBOLISTAS
MASCULINOS DE ALTO RENDIMIENTO DE LAS CATEGORÍAS SUB-17
Y SUB-20 A NIVEL DEL MAR.**

Presentado por

**SARA GABRIELLE SALTARIN LEYTON
ANTONIO SALTARIN BILBAO**

**UNIVERSIDAD DEL ROSARIO
ESCUELA DE MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD**

**UNIVERSIDAD CES
FACULTAD DE MEDICINA**

ESPECIALIZACIÓN EN EPIDEMIOLOGÍA

BOGOTÁ, 22.07.2024

**CAMBIOS ELECTROCARDIOGRÁFICOS EN FUTBOLISTAS
MASCULINOS DE ALTO RENDIMIENTO DE LAS CATEGORÍAS SUB-17
Y SUB-20 A NIVEL DEL MAR.**

**ELECTROCARDIOGRAPHIC CHANGES IN HIGH-PERFORMANCE MALE SOCCER
PLAYERS IN THE U-17 AND U-20 CATEGORIES AT SEA LEVEL.**

**Trabajo de investigación para optar al título de
ESPECIALISTA EN EPIDEMIOLOGÍA**

Presentado por

ANTONIO SALTARIN BILBAO

antonio.saltarin@urosario.edu.co

SARA GABRIELLE SALTARIN LEYTON

sara.saltarin@urosario.edu.co

CoAutor

CARLOS ROLONG

carlosrolongmd@gmail.com

Tutor metodológico

MARÍA CRISTINA OSPINA MEDINA

mospina@ces.edu.co

**UNIVERSIDAD DEL ROSARIO
ESCUELA DE MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD**

**UNIVERSIDAD CES
FACULTAD DE MEDICINA**

ESPECIALIZACIÓN EN EPIDEMIOLOGÍA

BOGOTÁ, 22.07.2024

La Universidad del Rosario y la Universidad CES no se hacen responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia

CONTENIDO

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	9
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	11
1.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	13
2. MARCO TEÓRICO	14
Bioimpedanciometría o análisis de impedanciometria eléctrica (BIA)	27
3. HIPÓTESIS	30
4. OBJETIVOS	31
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	31
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	31
5. METODOLOGÍA	32
5.1. ENFOQUE METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	32
5.2. TIPO DE ESTUDIO.....	32
5.3. POBLACIÓN.....	32
5.4. DISEÑO MUESTRAL.....	33
5.4.1 CRITERIOS DE INCLUSION.....	33
5.4.2 CRITERIOS DE EXCLUSION.....	33
5.5. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES.....	34
5.5.1. Diagrama de variables.....	34
5.5.2. Tabla de variables.....	35
5.6. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	36
5.6.1. Fuentes de información.....	36
5.6.2. Instrumento de recolección de información.....	36
5.6.3. Proceso de obtención de la información (qué, quién, cómo, cuándo).....	36
5.7. CONTROL DE ERRORES Y SESGOS.....	37
5.8. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS.....	37
6. CONSIDERACIONES ÉTICAS	38
7. RESULTADOS	40
8. DISCUSIÓN	45
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 49

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Hallazgos normales en ECG	17
Tabla 2 Hallazgos limítrofes en ECG	18
Tabla 3 Hallazgos anormales en ECG	19
Tabla 4 Tabla de variables	35
Tabla 5 Test de Normalidad Shapiro Wilks	40
Tabla 6 Frecuencias de cambios EKG	41
Tabla 7 , Kruskal-Wallis entre EKG y las variables con distribución no Normal, tomada de (24, 25, 26, 27)	42
Tabla 8 , Dwass - Steel - Critchlow - Flinger entre EKG y edad, tomada de (24, 25, 26, 27)	42
Tabla 9 , Dwass - Steel - Critchlow - Flinger entre EKG y grasa visceral, tomada de (24, 25, 26, 27)	43
Tabla 10 , Dwass - Steel - Critchlow - Flinger entre EKG e Índice músculo esquelético, tomada de (24, 25, 26, 27)	43
Tabla 11 , Dwass - Steel - Critchlow - Flinger entre EKG e Índice de masa corporal, tomada de (24, 25, 26, 27)	43
Tabla 12 , Dwass - Steel - Critchlow - Flinger entre EKG y talla, tomada de (24, 25, 26, 27)	44
Tabla 13 , Dwass - Steel - Critchlow - Flinger entre EKG y peso, tomada de (24, 25, 26, 27)	44
Tabla 14 , Dwass - Steel - Critchlow - Flinger entre EKG e Índice de masa grasa, tomada de (24, 25, 26, 27)	44

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Diagrama de variables del estudio

34

RESUMEN

Introducción: Se estima que 3 de cada 1000 deportistas jóvenes tienen algún tipo de enfermedad cardiovascular, la cual asociada al ejercicio puede terminar en un evento cardiovascular e incluso muerte súbita(1).

Métodos: Este estudio observacional analítico se realizó con el objetivo de evidenciar y reportar los cambios electrocardiográficos, clasificados según los criterios internacionales, junto con su incidencia para identificar los más comunes, usando una base de datos de un equipo colombiano de 39 futbolistas, de las categorías SUB 17 – SUB 20, adicionalmente se tenía el objetivo de explorar las posibles asociaciones entre estos cambios y las variables recolectadas de la bioimpedanciometría del mismo grupo de jugadores, entre las cuales se tuvo en cuenta el peso, talla, masa magra, masa grasa, circunferencia de la cintura, el consumo de energía total y en reposo.

Resultados: El ideal es que esta información aporte epidemiología para disminuir falsos positivos que podrían ser evidenciados en la práctica médica y estimule la identificación de las alteraciones que deben ser estudiadas a mayor profundidad con el fin de identificar una cardiopatía o arritmia, al ser un estudio observacional.

Discusión Se encontraron cambios electrocardiográficos del deportista en 37 de 39 individuos evaluados (94%), sin embargo no se encontró asociación estadísticamente significativa en ninguna de las variables respecto a los cambios electrocardiográficos, consideramos que se relaciona con el pequeño tamaño de la muestra.

Palabras clave: Anormalidades electrocardiográficas, criterios border line, atletas jóvenes, corazón del atleta, criterios Internacionales, muerte súbita, adaptación cardiaca

ABSTRACT

Introduction: It is estimated that 3 out of every 1000 young athletes have some type of cardiovascular disease, which associated with exercise can end in a cardiovascular event and even sudden death(1).

Methods: This analytical observational study was carried out to demonstrate and report electrocardiographic changes, classified according to international criteria, along with their incidence to identify the most common, using a database of a Colombian team of 39 soccer players, of which categories SUB 17 – SUB 20, additionally the objective was to explore the possible associations between these changes and the variables collected from the bioimpedanciometry of the same group of players, among which weight, height, lean mass, fat mass were taken into account. , waist circumference, total, and resting energy consumption.

Results: The ideal is that this information provides epidemiology to reduce false positives that could be evidenced in medical practice and stimulates the identification of alterations that must be studied in greater depth to identify heart disease or arrhythmia, as it is a study. observational.

Discussion Electrocardiographic changes of the athlete were found in 37 of 39 individuals evaluated (94%), however, no statistically significant association was found in any of the viable ones regarding electrocardiographic changes, we consider that it is related to the small size of the sample.

Keywords: Electrocardiographic abnormalities, borderline criteria, young athletes, athlete's heart, International criteria, sudden death, cardiac adaptation
Abnormal electrocardiogram, Borderline electrocardiogram, Young Athletes, athletic heart, International Criteria, sudden cardiac death, cardiac adaptation

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El electrocardiograma es un recurso fundamental para evaluar la salud cardiovascular pre competitivamente tanto profesionales como recreativos, incluyendo niños que desean iniciar una práctica deportiva; este, acompañado de una evaluación integral, que incluya una historia clínica completa, dirigida a la patología cardiovascular, revisión de antecedentes familiares y un examen físico exhaustivo, permite identificar a aquellos deportistas que podrían estar en riesgo durante la actividad física y abrir la puerta hacia la práctica deportiva segura, gracias a la detección temprana y la prevención de patologías cardíacas tempranamente.

Desde el 2005 la Sociedad Europea de Cardiología (ESC) ha buscado por medio de la investigación documentar los hallazgos potencialmente fatales y los que no lo son (2), en el momento no hay suficiente información sobre los hallazgos normales, limítrofes y patológicos que presenta la población colombiana, así como los factores de riesgo que condicionan a presentar alteraciones electrocardiográficas que en este tipo de deportistas.

Las alteraciones cardiovasculares aunque no son la principal causa de retiro prematuro en deportistas jóvenes, tienen un peso causal significativo, incluso cuando en ocasiones son hallazgos normales o limítrofes del deportista, sobrediagnosticados; perdiendo la oportunidad de competir en equipos de alto rendimiento, una oportunidad poco común dentro de nuestra población, adicionado a esto, el asesoramiento por un deportólogo o cardiólogo es de difícil acceso en el país, y para completar, el cribado con electrocardiograma aún no es obligatorio en todo tipo de deportistas de alto rendimiento, lo cual no obliga a los clubes a realizarlo, a pesar del conocido factor desencadenante del ejercicio en enfermedades cardíacas ocultas, las cuales pueden

presentar como primer síntoma una arritmia o muerte súbita, siendo esto un riesgo para la vida de los deportistas.

La detección temprana de alteraciones documentadas puede alertar sobre este riesgo de manera precoz.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Para lograr aportar a la resolución del problema, por medio de este estudio, se planteó contribuir con epidemiología de la población colombiana y estimular tanto la creación, como la estandarización de estrategias de prevención, que permitan conocer y disminuir riesgos, evaluando alteraciones electrocardiográficas en deportistas con el fin de garantizar la seguridad y salud de atletas jóvenes.

Gracias a los hallazgos borderline y anormales del electrocardiograma se puede identificar electrocardiogramas patológicos que permitan evidenciar tempranamente patologías como miocardiopatía hipertrófica, síndrome de Brugada, miocardiopatía no compactada, displasia arritmogénica del ventrículo derecho, entre otras. La importancia de estas, es que pueden desencadenar arritmias ventriculares y muerte súbita, que sin duda es de las situaciones más impactantes y prevenibles con un cribado cardiovascular de rutina, sin embargo aún se considera controversial el cribado a deportistas de alto rendimiento(3).

El cribado con anamnesis, examen físico y antecedentes no es suficiente para identificar el riesgo de los deportistas, principalmente porque depende casi exclusivamente del examinador, sin embargo cuando se adiciona el electrocardiograma al cribado, aumenta la detección temprana de trastornos cardiacos que se asocian a arritmias y muerte súbita, ahora bien, el desafío de este es evitar agregar falsos positivos al proceso de detección de patologías, puesto que el corazón del deportista

presenta cambios fisiológicos que se pueden evidenciar en el (EKG) Electrocardiograma y se pueden confundir con patológicos, ahí recae la importancia de agregar epidemiología a los mismos con el fin aumentar la sensibilidad y especificidad de los criterios, y no solo la epidemiología de los cambios electrocardiográficos, sino del riesgo en si de arritmias y muerte súbita, dado que este cambia según la edad, sexo, raza, deporte y nivel de juego, adicionalmente el riesgo diferencial entre atletas y no atletas, no está completamente dilucidado; de hecho la AMSSM (American Medical Society for Sports Medicine) expresa que no puede respaldar una estrategia de detección cardiovascular universal para todos los atletas, por la ausencia de investigaciones claras basadas en resultados, por lo cual su objetivo es crear un sistema de detección y notificación obligatorio en atletas, con la infraestructura disponible, los recursos cardiológicos y médicos para la detección temprana de trastornos cardíacos, que mejorará los resultados de los atletas con un daño limitado(3)(4).

Este estudio busca adquirir información de los deportistas élite de Colombia, con el fin de aportar epidemiología que respalde una evaluación unificada obligatoria en todos los deportistas de alto rendimiento, por otro lado busca identificar las posibles asociaciones entre variables como IMC (índice de masa corporal), raza, porcentaje de masa magra y masa grasa con respecto a los hallazgos electrocardiográficos, también se indica la incidencia de los hallazgos para identificar los más comunes.

Se espera que a largo plazo y con el apoyo de más estudios, se identifiquen las alteraciones que deben ser estudiadas a mayor profundidad en la población colombiana, para diagnosticar o identificar cardiopatías.

Se lleva a cabo un estudio transversal de una población de deportistas de un club deportivo de la ciudad de Barranquilla incluyendo categorías sub 17 y sub 20, a quienes se les toma electrocardiograma, examen físico y se les compara con variables que

consideramos pueden generar posibles relaciones; la realización periódica de este tamizaje en el club facilita la viabilidad del estudio.

1.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los cambios electrocardiográficos más comunes en deportistas jóvenes de alto rendimiento?

2. MARCO TEÓRICO

El corazón de un joven deportista es un motor que se está enfrentado a demandas constantes de alto esfuerzo cardiaco, fisiológicamente cuando se aumenta la actividad física, sin importar la causa para satisfacer las necesidades metabólicas, el corazón aumenta su cronotropismo de manera positiva es decir, aumenta la cantidad de latidos por minuto, esto genera un aumento en la exigencia de este. Existen diferentes hallazgos y clasificaciones que permiten determinar si en la práctica médica estamos ante un corazón con riesgo de muerte súbita o daño estructural versus un corazón que presenta o no cambios esperados y normales en respuesta a las adaptaciones.

La Asociación Europea de Pediatra (EAP) estima que 3 de cada 1000 deportistas jóvenes tienen algún tipo de enfermedad cardiovascular que lo expone a padecer de eventos cardiovasculares o incluso la muerte súbita durante una práctica de competición (5). El doctor Javier Perez-Lescure de la sociedad española de cardiología pediátrica y cardiopatías congénitas considera que *“Una persona que padece sin saberlo una cardiopatía y practica ejercicio físico de manera exigente puede estar poniendo en riesgo su salud”* (5). En Colombia los programas de reconocimiento precoz de niños y jóvenes con estos riesgos no está claramente estructurado, de hecho no hay, y muchos de los deportistas jóvenes colombianos que hoy están preparándose para una vida profesional en muchas ocasiones no pueden acceder a la valoración de profesionales en el deporte, un examen médico tan sencillo , simple y costo efectivo como es el electrocardiograma puede llegar a alertar sobre alteraciones o cambios que pongan en riesgo de muerte la vida de un joven deportista de alto rendimiento, o que al contrario algunos hallazgos si bien podrían considerarse anormales para la población general, serian algo esperable en este grupo de estudio y no ameritaría realizar estudios adicionales costosos.

Desde el 2005 la sociedad Europea de Cardiología (ESC) ha buscado por medio de la investigación documentar cuales hallazgos electrocardiográficos son potencialmente fatales y cuales no, al ser una patología de difícil estudio no hay información sobre los hallazgos normales, limítrofes y patológicos que presenta la población implicada colombiana.

El EKG es una de las herramientas básicas en el arsenal de todo médico, es un estudio económico, costo efectivo (6), estudios de costo efectividad en deportistas menores de 35 años avala aún más su uso (6) pero al mismo tiempo dejan muy en claro que es una herramienta que debe ser individualizada y asociada a las cualidades como edad, peso, raza, tipo e intensidad del entrenamiento, historia clínica personal y familiar del paciente dado que su interpretación no es sencilla puesto que la fisiología de un corazón deportista hace que los posibles hallazgos en el EKG sean diversas (4).

El EKG es una prueba objetiva, pero se encuentra sujeta a interpretación variable, por eso se recomienda que estudie detalladamente cada paciente demostrando disminuir la tasa de falsos positivos un 2,5 – 6,6%, estos falsos positivos existen porque la edad y algunos trastornos cardiacos si no se correlacionan con la anamnesis y el examen físico, se pueden diagnosticar como patológicos, los cuales traen consigo pruebas costosas e innecesarias y riesgos para el atleta, entre otras limitaciones del EKG se puede añadir que algunas afecciones son esporádicas y no siempre están presentes al momento de la toma de un EKG, a pesar de estas limitaciones, se considera es un riesgo mínimo con respecto a la orientación adecuada para la participación y el tratamiento que se le puede brindar no solo al atleta, sino a toda su familia y posiblemente a generaciones futuras respecto a las patologías identificadas (5).

Desde el 2005 la sociedad Europea de Cardiología (ESC) postuló los primeros criterios para la interpretación del EKG en deportistas, en busca de detección temprana (2), en el 2012 se sintetizan los criterios de Seattle y son modificados en el 2015. Para el 2015

parecen los criterios limítrofes los cuales en primera instancia la ESC consideraba como anomalías patológicas, pero con estudios y nuevas adaptaciones de la información se les ha dado este nombre de “limítrofes” refiriendo a que, si bien no son normales, según el contexto no necesariamente sean patológicos, lo que hace aún más importante una adecuada preparación para la lectura e interpretación de un EKG con estos hallazgos.

Los hallazgos normales son considerados todas las manifestaciones eléctricas esperadas en una persona sana y todos los cambios fisiológicos esperados en un deportista de alto rendimiento, que en el caso de ser normales no precisaran de estudios diagnósticos adicionales los cuales están descritos en tabla 1.

Tabla 1 Hallazgos normales en ECG

Hallazgos normales en ECG	Definición del hallazgo:
Incremento del voltaje del QRS	Criterios de voltaje del QRS de hipertrofia ventricular izquierda aislada (SV1 +6 > 3.5 mV) o derecha (RV1+SV5 o SV6 > 1.1 mV)
Bloqueo incompleto de rama derecha	Patrón rSR' en derivaciones V1 y patrón qRS en V6 con duración del QRS < 120 ms
Repolarización precoz	Elevación del punto J, elevación del segmento ST, ondas J o deflexión terminal en el QRS en las derivaciones inferiores y/o laterales
Variante de la repolarización en deportistas de raza negra	Elevación del punto J y convexa del segmento ST ("cúpula") seguida de inversión de la onda T en derivaciones V1-V4 en deportistas de raza negra
Patrón juvenil de onda T	Inversión de la onda T en V1-V3 en deportistas < 16 años
Bradicardia sinusal	≤ 30 LPM
Arritmia sinusal	Variación de la frecuencia cardiaca con la inspiración: incrementa la duración de la inspiración y disminuye la duración de la espiración
Ritmo auricular ectópico	Las ondas P son de morfología diferente que la onda P sinusal. Ejemplo ondas P negativas como en ritmo auricular bajo
Ritmo de escape de la unión	La frecuencia cardiaca del QRS es más rápida que el ritmo de la onda P sinusal y normalmente < 100 LPM con QRS estrecho, a menos que el QRS de base sea conducido con aberrancia
Bloqueo AV de primer grado	Intervalo PR de 200 a 400 ms
Bloqueo AV segundo grado Mobitz I (Wenckebach)	El intervalo PR se alarga progresivamente hasta que hay una onda P no conducida sin QRS; el primer intervalo PR después de que no hay conducción es más corto que el último PR conducido

Fuente: (2)

Los hallazgos limítrofes son una gama de alteraciones que, si bien no son normales, con el tiempo se ha demostrado que tampoco son directamente equivalentes para

muerte súbita o síncope en el deportista de alto rendimiento, pero la aparición de 2 o más de estas alteraciones podrían, asociarse a enfermedad subyacente y estos casos requieren siempre estudios adicionales. Los criterios se describen en tabla 2.

Tabla 2 Hallazgos limítrofes en ECG

Hallazgos limítrofes en ECG	Definición de hallazgos
Desviación del eje a la izquierda	- 30° a - 90°
Crecimiento auricular izquierdo	Prolongación de la onda P \geq 120 ms en derivaciones I o II, con porción negativa de la onda P \geq 1 mm de profundidad y \geq 40 ms de duración en V1
Desviación del eje a la derecha	> 120°
Crecimiento auricular derecho	Onda P 2,5 mm en II, III o aVF
Bloqueo completo de rama derecha	Patrón rSR' en V1 y onda S > R en V6 con QRS \geq 120 ms

Fuente: (2)

Los hallazgos patológicos son criterios que sugieren riesgo arritmogénico maligno y que según el tipo de hallazgo pueden ser o no relacionados con enfermedad estructural, canalopatías, alteraciones de rimo y preexcitación ventricular. Los que se describen en la tabla 3.

Tabla 3 Hallazgos anormales en ECG

Hallazgos anormales en ECG	Definición de los hallazgos
Inversión de la onda T (IOT)	Profundidad 1 mm en al menos 2 derivaciones contiguas salvo las derivaciones AVR, III y V1 Anterior (V2-V4): Excepción: Deportista raza negra con elevación punto J y elevación convexa del segmento ST seguida de IOT en V2 –V4; deportistas < 16 años con IOT en V1-v3, y onda T bifásica solamente en V3 Lateral (DI, aVL, V5 y V6): Solo requiere IOT en V5 o V6
Depresión segmento ST	Profundidad $\geq 0,5$ mm en al menos 2 derivaciones contiguas
Ondas Q patológicas	Relación Q/R ≥ 0.25 o Q 40 ms en al menos 2 derivaciones (salvo III y aVR)
Bloqueo completo de rama izquierda	QRS ≥ 120 ms, complejo QRS predominantemente negativa en V1 (Qs o rS) y R positiva mellada en I y V6
Trastorno de la conducción intraauricular inespecífica grave	Cualquier QRS ≥ 140 ms
Onda épsilon	Señal de baja amplitud (pequeña deflexión positiva o muesca) entre el final del QRS y el comienzo de la onda T en V1-V3
Preexcitación ventricular	Intervalo PR < 120 ms con onda delta (empastamiento de la rama ascendente inicial del complejo QRS) y QRS ancho (≥ 120 ms)
Intervalo QT prolongado	QTc ≥ 470 ms en varones o ≥ 480 ms en mujeres
Patrón Brugada tipo I	Elevación inicial del segmento ST 2 mm con segmento descendente del ST elevado seguido de una onda T simétrica negativa en al menos 1 derivación en V1-V3
Bradycardia sinusal grave	< 30 LPM o pausas sinusales de ≥ 3 segundos
Bloqueo AV primer grado	≥ 400 ms

Hallazgos anormales en ECG	Definición de los hallazgos
Bloqueo AV de segundo grado Mobitz II	Ondas P conducidas de forma intermitente con un PR fijo
Bloqueo AV de tercer grado	Bloqueo completo
Taquiarritmias auriculares	Taquicardia supraventricular, fibrilación y flutter auricular
Extrasístoles ventriculares	≥ 2 extrasístoles de trazo de 10 segundos
Arritmias ventriculares	Dobletes, tripletes y taquicardia ventricular no sostenida

Fuente: (2)

En los estudios de tamizaje cardiovascular en donde los médicos utilizan los criterios de evaluación contemporánea de electrocardiografía, el electrocardiograma supera los antecedentes y la exploración física en todas las medidas estadísticas de rendimiento (7).

La revista española de deportología en su publicación “ El corazón del deportista” expuso las adaptaciones más comunes de los atletas de alto rendimiento en los EKG, las cuales las dividió en trastornos de frecuencia y ritmo, arritmias sinusales y auriculares, trastornos de conducción, modificaciones de voltaje, trastornos de repolarización, arritmias por aumento de la excitabilidad y síndrome de Wolff- Parkinson – White, todas evidenciables por medio del electrocardiograma, el cual es una de las herramientas básicas y la más costo efectiva a la hora de valorar riesgo arritmogénico maligno (8).

Entre los trastornos de frecuencia y ritmo, sin duda alguna el más frecuente es la bradicardia sinusal, entre 40 – 60 latidos por minuto, pero la incidencia del mismo, igual que la mayoría de hallazgos depende del tipo e intensidad de entrenamiento, se observa principalmente en corredores de larga data, incluso en estos atletas, se han identificado frecuencias cardiacas nocturnas menos a 35 latidos por minuto, es por esto que en los estudios Holter de este tipo de deportistas sean más frecuentemente

encontrados los bloqueos AV y pausas patológicas nocturnas, en estos casos el ritmo sinusal compite con el nodal y se observa una disociación auriculoventricular, son casos difíciles de encontrar; en un estudio de 1964 deportistas de alto nivel, un único caso de escape idioventricular (tres o más latidos originados de foco ectópico en los ventrículos, con una frecuencia cardiaca cercana al sinusal) fue reportado; ahora bien entre el 15 y el 20% de los EKG con bradicardia sinusal se puede observar la arritmia sinusal(8), una arritmia fisiológica no solo encontrada en atletas, sino en general en jóvenes, la cual la agrega a la lista de los hallazgos más comunes del ekg, estas arritmias son respiratorias y el trazado difícilmente se asocia con bloqueo sinoauricular, los cuales también son frecuentemente encontrados en los EKG de atletas y dependen de la susceptibilidad individual del deportista y suelen mantener un PR con una media de 150 ms, es decir en el límite superior de la normalidad; el bloqueo AV de primer grado es más alto que el de la población general, pero varía dependiendo de la población de atletas, en los estudios clásicos de Palatini, Talan y Viitasalo, oscila entre el 27,5 y el 40% para el de primer grado, y el 15 y el 22% para el de segundo grado tipo I, frente al 5 y al 2,5%, respectivamente, de los grupos controles, respecto al grado II, en ninguno de los estudios encontraron pacientes con este tipo de bloqueo, excepto Viitasalo quien encontró este bloqueo en el 8.6% de sus deportistas, (9). Respecto a las pausas sinusales de más de 2 segundos, se ha encontrado que hasta un tercio de los deportistas las pueden presentar en el estudio realizado por Viitasalo se encontró que el 37% de su población de 35 deportistas, presentó esta alteración, que no necesariamente es patológica o se relaciona con volúmenes ventriculares aumentados, se asocia más que todo al tono vagal, por esta misma vagotonía se pueden encontrar ondas p melladas y de duración alargada, secundarias a un trastorno de conducción interauricular, este tiene una incidencia del 2% de la población deportiva general y no se ha encontrado correlación con las dimensiones auriculares en el ecocardiograma, diferente de los trastornos de conducción ventricular, las cuales se considera, se relacionan con el aumento de masa ventricular izquierda y un aumento del ventrículo derecho, secundario a un incremento del retorno venoso, lo cual genera un ligero

incremento del QRS, muescas en la rama ascendente de la R, en v1 y v2, todo esto se muestra como un retraso en la despolarización, también se asocia al aumento de masa ventricular los bloqueos incompletos de rama derecha, el más frecuente, con una prevalencia del 14% de la población deportiva general, similar a lo encontrado en la población no deportista, en un 10%, pero bastante diferenciado de lo encontrado en los deportistas de resistencia aeróbica dónde llega a ser de un 50%, estas diferencias tan marcadas se considera que son por las diferencias metodológicas entre las poblaciones y la rigidez de los criterios diagnósticos; los bloqueos completos ya sea de rama derecha o izquierda son difícilmente evidenciados en los estudios.

Entre las modificaciones de voltaje más evidenciadas, se encuentran:

Onda P: puede ser mayor en deportistas, presenta pocas modificaciones, si las hay, debe descartarse una cardiopatía.

Complejo QRS: es frecuente que se encuentre de alto voltaje en derivaciones precordiales, anteriormente se consideraba como un signo de crecimiento ventricular. En el estudio del corazón del deportista, solo 12% de los deportistas elite presentan signos de HVI (hipertrofia ventricular izquierda), por electrocardiograma, los varones 17% y mujeres un 2,4% de esos solo un 6,27% de varones y 7.35% de mujeres presentan HVI por ecocardiograma. Cuando se correlaciona la masa del Ventrículo Izquierdo en modo M por la formula corregida de Devereux la correlación con los criterios convencionales de voltaje en derivaciones precordiales, la correlación fue baja.

La suma de SV2 + RV5 es la más fiable de los criterios de voltaje en una correlación de 0.49 y sensibilidad y especificidad >80%, pero en deportistas masculinos porque en femeninos no se encontró correlación.

Bjornstad encontró que, aunque las diferencias de voltaje eran mayores en deportistas que en sedentarios, las diferencias no eran estadísticamente significativas; encontraron una correlación positiva de $SV1 + RV5 - V6$ o $SV1 - SV2 + RV6$, y la máxima elevación del ST y amplitud de la onda T en precordiales, con las dimensiones de VI por Ecocardiograma. Las mejores relaciones fueron las encontradas entre la masa del ventrículo izquierdo y el índice de Sokolow y la elevación del ST, Douglas et al, también evidenció que el índice de Sokolow fue el criterio de voltaje que mejor sensibilidad y especificidad presentó (65 y 61%). Tanto el sistema de puntuación de Romhilt-Estes como los criterios de Cornell presentan una muy baja sensibilidad (16 y 8%), aunque una elevada especificidad (84 y 95%). Tampoco encontraron correlación entre la HVI por Ecocardiograma y la duración e intensidad del entrenamiento, así que se puede concluir que, en el atleta, los criterios de hipertrofia ventricular izquierda en electrocardiograma son poco sensibles, pero su fuerte es la especificidad. (9)

Las taquiarritmias supraventriculares son escasas de encontrar en deportistas de alto rendimiento; lo que sugiere la Revista Española de Cardiología, es que pueda deberse a un proceso de selección natural, el cual no permite que los deportistas con estas patologías, lleguen a la élite, dado que se excluyen en épocas tempranas de la competencia, también se sugiere que el entrenamiento pueda generar una mayor estabilidad eléctrica, las taquiarritmias supraventriculares tienen una incidencia del 0,51% la cual es baja, y de esta, la mayoría eran varones, de los cuales más del 50% presentaban historia de palpitaciones, sin embargo la totalidad de las escasas mujeres encontradas, eran asintomáticas.

No se puede dejar pasar el Síndrome de Wolff – Parkinson – White, con una incidencia en la población general baja del 0,3 al 0,4% y un pronóstico bueno, a pesar de que este síndrome se asocia con muerte súbita en la serie de la Mayo Clinic, la incidencia media de muerte súbita fue de 0,0015 por paciente y año, y ningún caso ocurrió en pacientes asintomáticos en el momento del diagnóstico, pero eso es en la población general, en

los atletas, Furlanello realizó un estudio de 290 atletas con este síndrome, de los cuales el 1.7% presentó muerte súbita abortada y 3,7% presentó síncope, 40% desarrolló taquicardias análogas a las inducidas por la estimulación transesofágica y uno, el 0.9% murió súbitamente.

Aunque el síncope y la muerte súbita son más frecuentes en deportistas sintomáticos, pueden aparecer como primer síntoma, durante o después del ejercicio, y tanto en pacientes con onda delta permanente como intermitente. (9)

La causa más común de muerte súbita para los deportistas de alto rendimiento es la enfermedad cardíaca, siendo las congénitas la principal etiología. Aunque con los avances e investigaciones de diferentes sustancias legales e ilegales que potencian las cualidades físicas, se han descrito el uso de esteroides anabólicos, hormonas peptídicas y estimulantes como causas de aparición de enfermedad cardíaca adquirida en estos pacientes (9).

Las cardiopatías congénitas se pueden clasificar en variedades estructurales y no estructurales. La clasificación estructural hace referencia a una gama de cardiopatías que se caracterizan por afectar el flujo sanguíneo dentro del corazón y el flujo desde el corazón, como por ejemplo miocardiopatía hipertrófica obstructiva (HOCM), anomalías en arterias coronarias y la displasia arritmogénica del ventrículo derecho (ARVD)(9).

Por su parte las clasificadas no estructurales implican defectos en el sistema eléctrico del corazón, con potencial arritmogénico de tipo inestable y peligrosas para la vida, como por ejemplo síndrome de QT largo congénito, síndrome de Brugada, el síndrome de Wolff-Parkinson-White (WPW) y la taquicardia ventricular polimórfica catecolaminérgica (ECVC) (9). Hay que recordar que el uso de estimulantes puede causar y empeorar arritmias potencialmente mortales (10).

Estudios recientes han encontrado causalidad entre la enfermedad de células falciforme y la muerte súbita en pacientes sin patología conocida, por lo general generando afecciones cardíacas intrínsecas que se desencadenan por las demandas fisiológicas en el ejercicio intenso siendo incapaz de ser satisfecha por el sistema cardiovascular lo que expande aun más la gama de afecciones que pueden predisponer a muerte súbita cardíaca(11).

La incidencia de muerte cardíaca súbita (MSC) esta principalmente limitada por pocos estudios sobre esta patología, estudios defectuosos, lo que dificultan una estimación precisa (12).

Un estudio realizado sobre incidencia y etiología del paro cardíaco súbito y muerte en atletas de secundaria en los Estados Unidos, donde se realizó un seguimiento a estudiantes entre los 14 a 18 años en 7 estados durante 6 años, examinando un total de 16.390.490 de atletas de 6 temporadas que representó 6.974.640 años-atleta, lo que abarca un 36% de la población total de atletas de secundaria en EE.UU. Se identificaron 104 casos de paro cardíaco súbito (PCS) donde 35 presentaron supervivencia de Muerte Súbita Cardíaca (MSC). La tasa de MSC masculina en atletas fue de 1:44.832 al año y en mujeres 1:237.510 a los años con un cociente de tasas de incidencia 5.3 IC 95% 2,9-10.6 $P < .001$. Dando como resultado que el baloncesto y fútbol masculino representaron el 57% de las muertes, 55 casos fueron por esfuerzo y 55% ocurrieron mientras jugaba en un equipo patrocinado (13), otros estudios no difieren es los resultados relacionando a los hombres, afroamericanos, jugadores de baloncesto y futbol masculino corren un mayor riesgo de muerte súbita, aumentado 4 a 5 veces el riesgo si presenta anemia falciforme (14). La sociedad española de cardiología estima una incidencia de 1/100.000 personas/año, con ligeras variaciones según subgrupos y según el deporte en cuestión (15).

Por su parte EE. UU estima una prevalencia de 1 en cada 20.000 deportistas donde incluyen otros deportes; por otra parte, tristemente en Colombia no existe una estimación de prevalencia en nuestros jóvenes deportistas, desconociendo así también cuales pueden llegar a ser las principales patologías causales.

Un estudio prospectivo de 4 años en EE.UU. en pacientes jóvenes atletas con una edad media de 16,7 años, un 83% masculinos, practicaban baloncesto (28%) y futbolista americano (25,4%) determinando que las principales causas de muerte súbita fueron la miocardiopatía hipertrófica (20,6%), la hipertrofia idiopática del ventrículo izquierdo (13,4%), las anomalías de las arterias coronarias (12,0%) y la muerte súbita inexplicable sin autopsia negativa (9,6%). Las anomalías coronarias fueron más frecuentes en los atletas de secundaria (28%), mientras que las miocardiopatías (hipertróficas, arritmogénicas, dilatadas, no compactadas o restringidas) representaron el 47% de los casos en atletas universitarios y profesionales (16), concluyendo en que las miocardiopatías representan la mitad de los casos de paro cardiaco súbita, donde más de la mitad de los atletas resultan en muerte, enfatizando en la necesidad de generar unas estrategias de acción ante esta patología (16).

Las miocardiopatías dilatadas no coronarias, tiene una fuerte relación con mutaciones genéticas que codifican proteínas de citoesqueleto, alterando el mecanismo contráctil de miosina-actina y las troponinas, proteína C y regulatorias del calcio como fosfolamban y al ATPasa del calcio (17).

Las anatomías patológicas en las necropsias muestran áreas atroficas y fibrosis relacionada con la inflamación y apoptosis la cual favorece la Taquicardia Ventricular (TV) monomórfica y/o el colapso circulatorio. La displasia arritmogénica del ventrículo derecho es una miocardiopatía menos frecuente, relacionada con alteraciones genéticas que codifican a las proteínas señalizadoras, transportadoras de calcio intracelular favoreciendo los procesos arritmogénicos donde el tejido miocardio es

sustituido por tejido conectivo favoreciendo la reentrada y la TV generando dilatación progresiva de las cavidades derechas (18).

Otras alteraciones estructurales como malformaciones congénitas de arterias coronarias, trayecto intramiocárdico de arteria descendente anterior, valvulares, disección aortica se reportan en la cuarta parte de autopsias en jóvenes atletas (19).

La literatura describe factores predictivos de muerte súbita basado en antecedente familiar de parientes jóvenes con muerte súbita, la presencia de taquicardia ventricular no sostenida en la prueba de Holter y el presentar pre-sincopes/sincopes (20).

Bioimpedanciometría o análisis de impedanciometria eléctrica (BIA)

Existen otras medidas de respuesta terapéutica que no están tan incorporadas en el día a día sin embargo estas podrían ser de gran ayuda diagnóstica, por ejemplo, la bioimpedanciometría. En 1943, Nyboer estudió la morfología de las ondas del pulso arterial y el flujo sanguíneo a los órganos e intuyó, que las medidas de impedancia corporal total y los espacios corporales acuosos se correlacionaban. Hipotetizó que la conducción de una corriente eléctrica a través de tejidos biológicos, a un amperaje y frecuencia constantes, da una impedancia dependiendo de la composición de dicho tejido, y estableció la posible utilidad para medir el agua corporal total, en 1959 el mismo autor desarrollo el prototipo de equipo portátil usado en la actualidad (21).

La bioimpedanciometría permite medir parámetros eléctricos en sistemas biológicos, el principio físico de la bioimpedanciometría consiste en la oposición que ofrece un tejido biológico al paso de la corriente eléctrica alterna. Los aparatos de impedancia eléctrica introducen en el cuerpo una corriente alterna de amperaje muy bajo y constante a una frecuencia fija, que discurre por el cuerpo, la resistencia que ofrece el fluido al paso de esa corriente es la que proporciona una medida de impedancia al calcularla con la

reactancia que la oposición a un cambio de corriente debido a la capacitancia de un material (22).

El volumen eléctrico de un compartimiento corporal se basa en el principio de que existen tejidos conductores, semiconductores o dieléctricos (aislantes), dado que la conducción eléctrica corporal es de tipo ionizante y se relaciona con el contenido iónico libre de diversas sales, bases y ácidos, su concentración, movilidad, y la temperatura del medio conductor (22).

El bioimpedanciometro estima el agua corporal total (ACT) y, por asunciones basadas en las constantes de hidratación de los tejidos, se obtiene la masa libre de grasa (MLG) y por derivación, la masa grasa (MG), mediante la simple ecuación basada en dos componentes ($MLG \text{ kg} = \text{peso total kg} - MG \text{ kg}$). Como la corriente eléctrica sigue la vía de mínima resistencia, los compartimientos magros predominan en la determinación de la impedancia corporal total, dado que la impedancia es baja en el tejido magro que es donde se encuentra principalmente los líquidos intracelulares y electrolitos, pero es alta en el tejido graso y el hueso (dado que son sustancias dieléctricas y son malos conductores), es por esto que la masa magra se estima usando una fracción de hidratación supuesta para el tejido magro y la grasa es la diferencia entre el peso corporal y la masa corporal magra.

La masa muscular esquelética, medida por bioimpedancia es la masa de todos los músculos del cuerpo, sirven para el movimiento, la postura corporal y permiten mostrar el desarrollo muscular. Existe la bioimpedancia eléctrica monofrecuencia y multifrecuencia, la monofrecuencia opera normalmente a 50 KHz, se ubican los electrodos en las manos y pies del paciente, la diferencia con la multifrecuencia es que se utilizan modelos de regresión lineal a diferentes frecuencias para estimar el agua corporal total, estos son más precisos para diferenciar variaciones en los niveles de hidratación (22).

El análisis de impedancia bioeléctrica (BIA) es rápido, no invasivo y relativamente económico, lo que lo hace ideal, es un concepto de bases biofísica con aplicación clínica, por esto que se puede implementar su uso en diferentes campos, dado que el conocimiento en tiempo real de la composición corporal es ventajoso para la individualización y optimización de los balances de líquidos, regímenes de nutrición y evolución de los deportistas (23.)

Un deportista con adecuado entrenamiento debe tener cambios fisiológicos en cuando a masa muscular, grasa visceral, grasa total e hidratación entre otros parámetros de medición de bioimpedancia, lo cual se debería asociar con cambios electrocardiográficos propios de un deportista con adecuado entrenamiento.

3. HIPÓTESIS

- **Hipótesis alterna:** Existen alteraciones electrocardiográficas en los deportistas que según las variables se consideren de alto rendimiento.
- **Hipótesis nula:** No existen alteraciones electrocardiográficas en los deportistas que según las variables se consideren de alto rendimiento.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Describir los cambios electrocardiográficos en futbolistas jóvenes de alto rendimiento a nivel del mar.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evidenciar la asociación entre las variables y las alteraciones electrocardiográficas evidenciadas.
- Describir los hallazgos de las variables seleccionadas en la población de futbolistas masculinos de alto rendimiento.
- Realizar un análisis de las posibles causas de asociación evidenciadas.

5. METODOLOGÍA

5.1. ENFOQUE METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

Se realiza un estudio transversal, observacional, retrospectivo, analítico, exploratorio, basado en los registros de una corte de la vida real en una escuela de formación deportiva de un club de fútbol profesional.

5.2. TIPO DE ESTUDIO

Se realiza un tipo de muestreo no probabilístico deliberado en el que se obtienen los registros comprendidos el 18 y 19 de septiembre del 2023, de jugadores que estaban realizando práctica deportiva continua en una escuela de formación deportiva en fútbol, aprovechando la evaluación pre-participativa con la toma de electrocardiograma en reposo y composición corporal por bioimpedancia, peso, talla, edad, que tengan por lo menos dos meses de entrenamiento.

5.3. POBLACIÓN

Por el tipo de muestreo, la población no representa la población general, pero proviene del total de los registros obtenidos en la escuela de fútbol profesional de la ciudad de Barranquilla en septiembre 2023 en donde se describe nuestra cohorte.

5.4. DISEÑO MUESTRAL

5.4.1 CRITERIOS DE INCLUSION

- Jóvenes masculinos futbolistas de alto rendimiento
- Participar en equipos colombianos sub-17 y sub-20
- Sin lesiones osteoarticulares o musculares agudas o subagudas

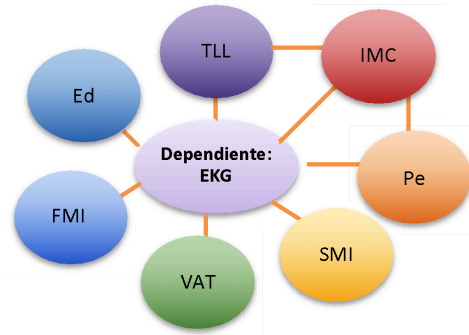
5.4.2 CRITERIOS DE EXCLUSION

- Consumo de suplementos considerados dopaje
- Patología renal, pulmonar, osteomuscular o cardiaca diagnosticada
- Contraindicación de ejercicio
- Uso de dispositivos que alteren el resultado del impedanciometro, ejemplo osteosíntesis, marcapasos.
- Electrocardiogramas que no cumplan criterios de legibilidad
- Jugadores que no cuenten con ambas pruebas de bioimpedancia y electrocardiograma simultáneamente en el momento de la evaluación.

5.5. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES

5.5.1. Diagrama de variables

Ilustración 1 Diagrama de variables del estudio



5.5.2. Tabla de variables

Tabla 4 Tabla de variables

Nombre	Definición Operacional	Etiqueta	Naturaleza y Nivel de Medición	Unidad de Medida
Edad	Indicador cronológico que refleja el tiempo transcurrido desde el nacimiento de un individuo.	Ed	Cuantitativa discreta De razón	17 – 20
Peso	Fuerza gravitatoria que actúa sobre un individuo	Kg	Cuantitativa Continua De razón	#
Talla	Distancia vertical desde la planta de los pies hasta la parte superior de la cabeza	TLL	Cuantitativa Continua De razón	#
Índice de masa corporal	Relación entre el peso y la talla	IMC	Cuantitativa Continua De razón Cualitativa Ordinal	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo peso < 18 kg/m² • Normal 18.5 - 25 kg/m² • Sobrepeso 25 – 30 kg/m² • Obesidad >30 kg/m²
Índice de masa grasa	Grasa total ajustada a la superficie corporal total.	FMI	Cuantitativa Continua De razón Cualitativa Ordinal	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo < 3.8 kg/m² • Normal 3.8 - 8.7 kg/m² • Elevado 8.7 - 12.4 kg/m² • Alto > 12.4 kg/m²
Grasa Visceral	Grasa que rodea las vísceras, principalmente la ubicada en abdomen.	VAT	Cuantitativa Continua De razón Cualitativa Ordinal	<ul style="list-style-type: none"> • Normal < 1.2 Lt • Elevado 1.2 - 1.9 Lt • Alto >1.9 Lt
Índice musculoesquelético	Cantidad de masa muscular ajustado a la superficie corporal total.	SMI	Cuantitativa Continua De razón Cualitativa Nominal	<ul style="list-style-type: none"> • Baja : < 8 kg/m² • Normal: >=8 kg/m²
Criterios internacionales	Consenso del 2015, de múltiples congresos de cardiología deportiva, para evaluar anomalías electrocardiográficas	Int	Cualitativa Nominal	<ul style="list-style-type: none"> • n : Normales • b: Borden line • a: Anormales • d: Deportista

5.6. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

5.6.1. Fuentes de información

Para lograr el cumplimiento de los objetivos propuestos, en conjunto con el servicio médico de la escuela de formación deportiva de futbol de un club deportivo profesional en la ciudad de Barranquilla, se utiliza la medición de electrocardiograma en reposo y de las variables antropométricas mediante el uso de bioimpedanciometría, se realiza revisión de hoja de evaluación precompetitiva, datos básicos y recolección de información de variables para su posterior análisis, previa autorización mediante consentimiento informado.

5.6.2. Instrumento de recolección de información

Los datos fueron tomados con el electrocardiografo marca BTL y Bioimpedanciometro marca SECA9350, registrados en la plataforma de Excel.

5.6.3. Proceso de obtención de la información (qué, quién, cómo, cuándo)

Al ser un estudio transversal, observacional, retrospectivo los datos se toman de las valoraciones a deportistas, resultados de electrocardiograma, de bioimpedanciometria de la fuente principal quien recopila la información. El grupo de muestra son los pacientes que cumplen los criterios de inclusión del estudio y no cumplen los criterios de exclusión.

Solo se obtienen los datos de una toma especifica en el mes de septiembre 2023.

5.7. CONTROL DE ERRORES Y SESGOS

- **De selección:** Dado que la población no es aleatorizada, no puede ser extrapolable a la población general, el sesgo se controla expresándolo en las conclusiones.
- **De información:** Existe el sesgo de error en la lectura de hallazgos en los electrocardiogramas, sin embargo, van a ser leídos por un examinador experto y el dispositivo también identifica los hallazgos anormales.
- **De confusión:** Las patologías no diagnosticadas, las cuales pueden controlarse, expresándose entre los hallazgos e incluso podría aportar información de la sintomatología activa de la patología asociada al ejercicio.

5.8. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

Se diseña un formulario para la recolección de las variables en sus diferentes categorías y estos datos se ingresan en Excel que, tras realizar la descarga de la data capturada, se analizan los datos por medio de las tablas de Excel. Se verifica con múltiples filtros la presencia de datos extremos o errores de digitación, se corrigen y posteriormente se exportan al software Jamovi para su análisis estadístico. Se realizó el test de normalidad Shapiro-Wilks para evaluar si las variables independientes tenían distribución normal y posterior a esto se realizó la prueba de (Kruskal-Wallis) para comparar la variable cualitativa de tres categorías (Electrocardiograma) con las variables independientes de distribución no normal.

6. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Durante el estudio se consideran los principios éticos locales del Ministerio de Salud de Colombia, la Declaración de Helsinki y el informe Belmont. Se tienen en cuenta las siguientes consideraciones: en la investigación médica, es deber del médico proteger la vida, la salud, la dignidad, la integridad, el derecho a la autodeterminación, la intimidad y la confidencialidad de la información personal de las personas que participan en la investigación. La responsabilidad de la protección de las personas que toman parte de la investigación debe recaer siempre en un médico u otro profesional de la salud. Se debe asegurar compensación y tratamiento apropiados para las personas que son dañadas durante su participación en la investigación. En la presente investigación no se realiza una intervención en el marco de investigación, así como tampoco pruebas que pongan en riesgo la vida o la salud de los pacientes. La investigación médica en seres humanos debe ser llevada a cabo solo por personas con la educación, formación y calificaciones científicas y éticas apropiadas. Cuando los riesgos que implican son más importantes que los beneficios esperados si existen pruebas concluyentes de resultados definitivos, los investigadores deben evaluar si continúan, modifican o suspenden inmediatamente el estudio. El investigador debe especificar si luego de un análisis profundo, el balance riesgo/beneficio es favorable al sujeto de investigación. Este proceso se realiza constantemente en el presente estudio. Según la resolución 8430 de 1993, esta investigación se puede calificar como “investigación con riesgo mínimo” ya que es un estudio en el que se realiza una interacción con intercambio de saberes entre pacientes, sin intervenir sobre las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los individuos participantes en el estudio. Los investigadores se comprometen a mantener en reserva cualquier información obtenida del estudio. Se garantiza la privacidad y anonimato de los sujetos participantes.

El protocolo de la investigación debe enviarse, para consideración, comentario, consejo y aprobación al comité de ética de investigación pertinente antes de comenzar el

estudio. Este comité debe ser transparente en su funcionamiento, debe ser independiente del investigador, del patrocinador o de cualquier otro tipo de influencia indebida y debe estar debidamente calificado, por lo que se envió al Comité de Ética de Investigación con seres humanos de la Universidad del CES, el cual está certificado por el INVIMA, quienes aprobaron el estudio con la solicitud de la carta de intención, la cual ya fue entregada por el club deportivo.

El Comité de Ética de la Universidad CES tiene control sobre este estudio y tiene información del mismo, para de esta forma vigilar los resultados e intervenirlos. No se realizaron enmiendas en el protocolo sin la consideración y aprobación del Comité. El cual fue aprobado el 19 de abril 2024.

Autonomía: Se explican, los riesgos (irritación en piel, sobrediagnóstico) y beneficios de la toma de exámenes y antecedentes a los deportistas y sus familiares (mejorar rendimiento deportivos, prevenir y diagnosticar patologías), y se les presenta el consentimiento informado para que según la información recibida, acepten o se nieguen a la toma de los mismos.

No maleficencia: Este principio se cumple bajo los preceptos de que los beneficios superan los riesgos, ya que hay riesgo mínimo para la salud de los participantes.

Justicia: Todos los pacientes considerados en la estrategia de muestreo tiene la misma probabilidad de entrar al estudio; los criterios de inclusión o exclusión no tienen en cuenta aspectos relacionados con raza, orientación sexual, creencias o estrato socioeconómico, únicamente aspectos relacionados con situaciones clínicas que pueden afectar la validez del estudio. Todos los participantes son evaluados con los mismos estudios en el protocolo de investigación.

Adicionalmente, es de resaltar, que el grupo de investigadores involucrados en este proyecto, conoce y se ha ceñido al documento del Marco Ético.

De otro lado, según la ley estatutaria 1581 de 2012 los principios sobre protección de datos son aplicables a todas las bases de datos y sin referir con los datos que tienen características de estar amparados por la reserva legal. Todas las personas que interviene en el tratamiento de datos personales que no tengan la naturaleza de públicos están obligadas a garantizar la reserva de la información lo cual se cumple en el presente estudio.

7. RESULTADOS

Se realiza el test de normalidad Shapiro-Wilks para evaluar si las variables independientes tenían distribución normal o no. En la tabla 5 se puede evidenciar que ninguna variable tiene distribución normal

Tabla 5 Test de Normalidad Shapiro Wilks

	edad	peso	talla	índice de masa corporal	índice de masa grasa	masa musculo esqueletico	índice de musculo esqueletico segun irm	grasa visceral	índice de masa musculo esqueletico de extremidades
N	39	39	39	39	39	39	39	39	39
Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Media	16.5	66.0	172	22.2	2.60	27.4	9.22	0.844	8.45
Mediana	16.0	64.3	173	22.1	2.50	26.8	9.40	0.800	8.60
Desviación estándar	0.996	9.22	6.65	2.11	1.20	3.50	0.773	0.239	0.614
Mínimo	15.0	42.1	156	17.3	0.700	18.2	7.40	0.300	6.90
Máximo	20.0	89.3	188	27.4	6.10	36.0	10.6	1.40	9.60
W de Shapiro-Wilk	0.644	0.975	0.955	0.991	0.942	0.965	0.966	0.980	0.947
Valor p de Shapiro-Wilk	< .001	0.529	0.122	0.988	0.044	0.257	0.276	0.718	0.065

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6, se observan las frecuencias de los cambios electrocardiográficos, siendo más relevante el relacionado con hallazgos normales en deportistas.

Tabla 6 Frecuencias de cambios EKG

Frecuencias de electrocardiogramas			
Electrocardiograma	Frecuencia	% del Total	% Acumulado
borderline	1	2.6 %	2.6 %
deportista	37	94.9 %	97.4 %
normal	1	2.6 %	100.0 %
anormal	0	0%	0%
TOTAL			100%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla número 7, se describe Anova de un factor (Kruskal-Wallis) para comparar la variable cualitativa de tres categorías (Electrocardiograma) con las variables independientes de distribución no normal.

Con relación a la edad no se encontró asociación estadísticamente significativa comparado a los cambios electrocardiográficos mostrando un valor-p de 0.770.

Tampoco hubo correlación con el peso, talla, e índice de masa corporal siendo los valores de p de 0.307, 0.366 y 0.269 respectivamente.

En cuanto a la composición corporal, el índice de masa grasa, la grasa visceral y el índice de masa musculoesquelética de extremidades tampoco tuvieron significancia estadística con valor de p de 0.276 para el índice de masa grasa, 0.891 para la grasa visceral y de 0.408 para el índice de masa musculoesquelética.

Tabla 7, Kruskal-Wallis entre EKG y las variables con distribución no Normal, tomada de (24, 25, 26, 27)

ANOVA de Un Factor (No paramédico)

Kruskal-Wallis

	χ^2	gl	p
edad	0.523	2	0.770
peso	2.363	2	0.307
talla	2.008	2	0.366
índice de masa corporal	2.630	2	0.269
índice de masa grasa	2.574	2	0.276
grasa visceral	0.230	2	0.891
índice de masa musculo esquelético de extremidades	1.795	2	0.408

Se realizaron comparación dos a dos, (Dwass - Steel - Critchlow - Flinger) de cada una de las variables independientes con el EKG, en las cuales no se evidenció correlación significativa.

Tabla 8, Dwass - Steel - Critchlow - Flinger entre EKG y edad, tomada de (24, 25, 26, 27)

Comparaciones entre parejas - edad

		W	p
b	d	0.726	0.865
b	n	NaN	NaN
d	n	-0.726	0.865

Tabla 9, Dwass - Steel - Critchlow - Flinger entre EKG y grasa visceral, tomada de (24, 25, 26, 27)

Comparaciones entre parejas - grasa visceral

		W	p
b	d	0.325	0.971
b	n	1.414	0.577
d	n	0.521	0.928

Tabla 10, Dwass - Steel - Critchlow - Flinger entre EKG e Índice músculo esquelético, tomada de (24, 25, 26, 27)

Comparaciones entre parejas - indice de musculo esquelético según irm

		W	p
b	d	-0.581	0.911
b	n	-1.414	0.577
d	n	-0.258	0.982

Tabla 11, Dwass - Steel - Critchlow - Flinger entre EKG e Índice de masa corporal, tomada de (24, 25, 26, 27)

Comparaciones entre parejas - indice de masa corporal

		W	p
b	d	-2.258	0.247
b	n	-1.414	0.577
d	n	0.387	0.960

Tabla 12, Dwass - Steel - Critchlow - Flinger entre EKG y talla, tomada de (24, 25, 26, 27)

Comparaciones entre parejas - talla

		W	p
b	d	-0.967	0.773
b	n	-1.414	0.577
d	n	-1.741	0.435

Tabla 13, Dwass - Steel - Critchlow - Flinger entre EKG y peso, tomada de (24, 25, 26, 27)

Comparaciones entre parejas - peso

		W	p
b	d	-1.999	0.334
b	n	-1.414	0.577
d	n	-0.838	0.824

Tabla 14, Dwass - Steel - Critchlow - Flinger entre EKG e Índice de masa grasa, tomada de (24, 25, 26, 27)

Comparaciones entre parejas - indice de masa grasa

		W	p
b	d	-2.260	0.247
b	n	-1.414	0.577
d	n	0.129	0.995

8. DISCUSIÓN

La práctica de ejercicio de forma regular y prolongada de más de 4 horas semanales está asociada a manifestaciones eléctricas que se evidencian en cambios en el electrocardiograma. (6)(1)(2). En nuestro estudio encontramos correlación de cambios relacionados con hallazgos típicos de electrocardiograma en deportistas por lo menos en el 94.9% de los individuos estudiados (37 de 39 deportistas evaluados), la bradicardia sinusal está presente en el 80% de los atletas entrenados (6)(1)(2)(4), al evaluar individualmente los registros de los cambios más frecuentemente encontrados, estos hallazgos fueron: bradicardia sinusal, prolongación del intervalo PR e hipertrofia ventricular izquierda. El ritmo auricular ectópico se puede encontrar hasta en el 8% de atletas en condiciones de reposo (6), Nosotros encontramos un deportista de los 39 evaluados que mostró este hallazgo considerado como normal en atletas. El bloqueo auriculoventricular de primer grado está descrito hasta en el 7.5% de los deportistas (6), nosotros encontramos este hallazgo en 4 jugadores de todos los evaluados.

Identificamos múltiples causas que posiblemente podrían impedir encontrar estos cambios. Según los criterios internacionales de los hallazgos electrocardiográficos en deportistas se tiene como límite superior de intervalo PR el valor de 200 milisegundos y en la población pediátrica el límite superior es de 180 milisegundos para las edades entre 11 y 15 años (7) (8) y de 170 milisegundos para las edades entre 5 y 10 años (7) (8), este ajuste se hizo para evitar el subregistro en jugadores que sí tengan intervalo PR prolongado o bloqueo auriculoventricular de primer grado relacionado con el entrenamiento.

La acción de someterse a este tipo de evaluación puede generar estrés o preocupación en el jugador, debido a que no son estudios periódicos y comunes o que se realizan constantemente, hecho que podría aumentar la frecuencia cardiaca y enmascarar uno de los hallazgos más frecuentes en deportistas como es la bradicardia sinusal.

Siempre se requiere la evaluación trazado a trazado e individualmente de cada jugador por un especialista en el tema, tanto de la lectura e interpretación del electrocardiograma y de los criterios internacionales de pesquisa de anormalidad o hallazgos borderline, debido a que ambos software de lectura pueden estar erróneamente interpretados por la lectura que hace el equipo.

En cuanto a la bioimpedancia son jugadores en crecimiento y desarrollo con distintas edades, pesos, tallas y biotipo muscular lo cual impacta claramente en los resultados de la composición corporal, no se encontró correlación importante o estadísticamente significativa con índice de masa grasa, grasa visceral, o índice musculoesquelético en los deportistas estudiados. Encontramos que esta disparidad de factores que pueden limitar un patrón uniforme o esperable de composición corporal asociado al tamaño de la muestra

No se encontraron estudios en Colombia que asocien composición corporal y cambios electrocardiográficos en deportistas menores de 20 años, por lo cual no se puede comparar con estudios previos, siendo además este vacío de investigación una fortaleza de este estudio por ser pionero en este tipo de investigación.

Sin embargo cabe reconocer que una limitación del presente estudio fue el número de deportistas que cumplieron los criterios de elegibilidad.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se evidenció que los cambios electrocardiográficos más comunes en deportistas, eran cambios normales de la adaptación fisiológica al deporte, entre los más comunes estaba la bradicardia sinusal, arritmia sinusal, bloqueo de rama derecha y bloqueo AV de primer grado ajustado a la edad, dado que nuestra población es en gran medida, menores de edad, y ninguno de estos cambios son considerados de riesgo de evento cardiovascular.

A pesar de que no se correlacionaron entre sí, estadísticamente, los cambios electrocardiográficos y las variables (peso, talla, índice de masa corporal, el índice de masa grasa, la grasa visceral y el índice de masa musculoesquelética de extremidades) no se descarta su asociación, dado que se puede evidenciar que más del 90% de los deportistas, presentaron cambios ekg normales del deportista y presentaban una composición corporal con cambios asociados no solo al deporte, sino a la actividad física realizada, como aumento de la masa muscular en miembros inferiores, o el índice musculoesquelético ubicado en un percentil superior a la población de la edad de los individuos, lo que clínicamente es evidencia que asocia sus cambios, consideramos que con un tamaño muestral mayor, se podría evidenciar estadísticamente esta relación.

Es importante concientizar a los entes de control, así como a escuelas de formación deportiva que se establezcan mínimos estándares de evaluación, políticas públicas y legislación correspondiente con la evaluación de todo tipo de deportista tanto en formación, amateur, recreacional, de élite y profesional que ayuden a mejorar su desempeño y evitar complicaciones cardiovasculares relacionados con la práctica del deporte, a pesar de que no se encontraron patologías de riesgo en este grupo, lo cual era esperable por su baja incidencia en la población general, sin embargo sin perder de vista que la no identificación temprana, tiene un riesgo fatal.

Esperamos que este estudio sea un motivador para futuras investigaciones en esta área.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Espa, L. S., & Espa, S. (2021, July 1). 3 de cada 1000 deportistas jóvenes presentan algún tipo de enfermedad cardiovascular. *La Sociedad Española de Cardiología Pediátrica y Cardiopatías Congénitas (SECPC)*.
2. Serratos-Fernández L, Pascual-Figal D, Masiá-Mondéjar MD, Sanz-de la Garza M, Madaria-Marijuan Z, Gimeno-Blanes JR, et al. Comentarios a los nuevos criterios internacionales para la interpretación del electrocardiograma del deportista. *Rev Esp Cardiol*. 1 de noviembre de 2017;70(11):983-90.
3. Recio-Mayoral, A., Cabrera-Bueno, F., Muñoz-García, A. J., Romero-Rodríguez, N., & Jiménez-Navarro, M. F. (2012). Muerte súbita en jóvenes deportistas, una tragedia por prevenir. *Cardioco*, 47(2), 45–46. <https://doi.org/10.1016/j.carcor.2012.03.001>
4. Drezner JA, O'Connor FG, Harmon KG, Fields KB, Asplund CA, Asif IM, et al. AMSSM Position Statement on Cardiovascular Preparticipation Screening in Athletes: Current Evidence, Knowledge Gaps, Recommendations and Future Directions. *Curr Sports Med Rep*. 2016;15(5):359 -75.
5. Tres de cada 1000 deportistas jóvenes presentan algún tipo de enfermedad cardiovascular [Internet]. *Aeped.es*. [citado el 20 de julio de 2024]. Disponible en: <https://www.aeped.es/noticias/tres-cada-1000-deportistas-jovenes-presentan-algun-tipo-enfermedad-cardiovascular>.
6. 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*. 1 de mayo de 2017;51(9):704-31.
7. Antonio, D. T., P., Sharma, S., et al. E. V. C. (2021). Comments on the 2020 ESC guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. *Revista Española de Cardiología*, 74(6), 488–493. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2020.12.010>.

8. Boraita Pérez A, Serratosa Fernández L. «El corazón del deportista»: hallazgos electrocardiográficos más frecuentes. *Rev Esp Cardiol*. 1 de mayo de 1998;51(5):356-68.
9. Farzam K, Rajasurya V, Ahmad T. Sudden Death in Athletes. *Sudden Death in Athletes*. 2 de julio de 2023;1:6.
10. Chistiakov DA, Myasoedova VA, Melnichenko AA, Grechko AV, Orekhov AN. Role of androgens in cardiovascular pathology. *Vasc Health Risk Manag*. 2018;14:283-90.
11. Jennie Han, Jennie Han, et al. JCDD - Sudden Cardiac Death in Athletes: Facts and Fallacies. *JCardiovasc Dev Dis* 2023. 5 de febrero de 2023;10(2):68.
12. Chistiakov DA, Myasoedova VA, Melnichenko AA, Grechko AV, Orekhov AN. Role of androgens in cardiovascular pathology. *Vasc Health Risk Manag*. 2018;14:283-90.
13. Harmon KG, Asif IM, Maleszewski JJ, Owens DS, Prutkin JM, Salerno JC, et al. Incidence and Etiology of Sudden Cardiac Arrest and Death in High School Athletes in the United States. *MayoClin Proc*. noviembre de 2016;91(11):1493-502.
14. Asif IM, Harmon KG. Incidence and Etiology of Sudden Cardiac Death: New Updates for Athletic Departments. *Sports Health*. 2017;9(3):268-79.
15. Pérez-Villacastín J. Muerte súbita en el deporte, ¿lo que cura a uno mata a otro? *Rev Esp Cardiol*. 1 de marzo de 2021;74(3):210-2.
16. Peterson DF, Kucera K, Thomas LC, Maleszewski J, Siebert D, Lopez-Anderson M, et al. Aetiology and incidence of sudden cardiac arrest and death in young competitive athletes in the USA: a 4 -year prospective study. *British Journal of Sports Medicine*. noviembre de 2021;55(21):1196.
17. Gutiérrez Sotelo O. Muerte súbita en deportistas. *Revista Costarricense de Cardiología*. diciembre de 2014;16(2):18-24.
18. William J. McKenna, M.D., D.Sc., F.E.S.C., F.A.C.C., *Cardiology In The Young, The Heart Hospital. Genetics of Right Ventricular Cardiomyopathy - SEN-CHOWDHRY - 2005 - Journal of Cardiovascular Electrophysiology - Wiley Online Library*.
19. Deo R, Albert CM. Epidemiology and Genetics of Sudden Cardiac Death. *Circulation*. 31 de enero de 2012;125(4):620-37.

20. Gutiérrez Sotelo O. Muerte súbita en deportistas. *Revista Costarricense de Cardiología*. diciembre de 2014;16(2):18-24.) (Deo R, Albert CM. Epidemiology and Genetics of Sudden Cardiac Death. *Circulation*. 31 de enero de 2012;125(4):620-37.
21. Nyboer J, Bogno S, Nimo LF. The electrical impedance plethysmograph -an electrical volumerecorder. Washington, DC: National Academy Press, 1943. (NCR report 149)) - bases físicas del análisis de la impedancia bioeléctrica.
22. Quesada Leyva L, León Ramentol CC, Betancourt Bethencourt J, Nicolau Pestana E. Elementos teóricos y prácticos sobre la bioimpedancia eléctrica en salud. *Revista Archivo Médico de Camagüey*. octubre de 2016;20(5):565-78.
23. Moonen HPFX, Van Zanten ARH. Bioelectric impedance analysis for body composition measurement and other potential clinical applications in critical illness. *Curr Opin Crit Care*. 1 de agosto de 2021;27(4):344-53.
24. The jamovi project (2024). *jamovi*. (Version 2.5) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>.
25. R Core Team (2023). *R: A Language and environment for statistical computing*. (Version 4.3) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from CRAN snapshot 2024-01-09).
26. Fox, J., & Weisberg, S. (2023). *car: Companion to Applied Regression*. [R package]. Retrieved from <https://cran.r-project.org/package=car>.
27. Singmann, H. (2023). *afex: Analysis of Factorial Experiments*. [R package]. Retrieved from <https://cran.r-project.org/package=afex>.