



CONTROL BIOMÉDICO del entrenamiento deportivo



GRUPO DE MEDICINA DEPORTIVA Y
Ciencias aplicadas al deporte



**Universidad
Pontificia
Bolivariana**

© Indeportes Antioquia
© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana
Vigilada Mineducación

Control biomédico del entrenamiento deportivo

ISBN: 978-958-764-770-9

ISBN: 978-958-764-778-5 (versión digital)

DOI: <http://doi.org/10.18566/978-958-764-778-5>

Primera edición, 2019

Gran Canciller UPB y Arzobispo de Medellín:

Mons. Ricardo Tobón Restrepo

Rector General:

Pbro. Julio Jairo Ceballos Sepúlveda

Vicerrector Académico:

Álvaro Gómez Fernández

Editor:

Juan Carlos Rodas Montoya

Compilador:

Felipe Eduardo Marino Isaza

Coordinación de Producción:

Ana Milena Gómez Correa

Diseño y Diagramación:

Mauricio Morales Castrillón

Corrección de Estilo:

Delio David Arango

Fotografía:

Rodrigo Mora Quiroz - Indeportes Antioquia

Dirección Editorial:

Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2019

Correo electrónico: editorial@upb.edu.co

www.upb.edu.co

Telefax: (57)(4) 354 4565

A.A. 56006 - Medellín - Colombia

Radicado: 1575-08-05-17

Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio o para cualquier propósito sin la autorización escrita de la Editorial Universidad Pontificia Bolivariana y de Indeportes Antioquia.

JUNTA DIRECTIVA INDEPORTES ANTIOQUIA

Luis Pérez Gutiérrez
Gobernador

Baltazar Medina
*Presidente Comité Olímpico Colombiano
Representante de Coldeportes*

Néstor David Restrepo Bonnett
*Secretario de Educación Departamental
Representante del Sector Educativo*

Henry Palacios Valencia
*Gerente Inder Apartadó
Representante de los entes deportivos municipales*

Héctor Alonso Monroy Escudero
*Director Ejecutivo Liga Antioqueña de Tenis de Campo
Representante de las Ligas Deportivas de Antioquia*

Lisana Sofía Sánchez Ledesma
*Gerente de Indeportes Antioquia
Invitada*

Mariola González Villa
*Jefe Oficina Jurídica Indeportes Antioquia
Secretaria*

COMITÉ DE GERENCIA

Lisana Sofía Sánchez Ledesma
Gerente de Indeportes Antioquia

William de Jesús Moncada Ospina
Subgerencia de Fomento y Desarrollo Deportivo

Alpidio Betancur Zuluaga
Subgerencia Administrativo y Financiero

Luis Eduardo Cuervo Tafur
Subgerencia de Deporte Asociado y Altos Logros

Catalina Pérez Zabala
Asesora de Gerencia

Lina María Galeano Zapata
Oficina de Talento Humano

Óscar Mario Cardona Arenas
Oficina de Medicina Deportiva

Lucrecia Londoño Builes
Oficina de Control Interno

Álvaro Alonso Villada García
Oficina de Sistemas y Apoyo Financiero

Fredy Rodríguez Agudelo
Oficina Asesora de Planeación

Diana Milena Jaramillo Pérez
Oficina Asesora de Comunicaciones

Mariola González Villa
Oficina Jurídica

LA PRUEBA

**ORTOSTÁTICA
Y EL ELECTROCARDIOGRAMA
COMO MEDIOS DE CONTROL
BIOMÉDICO DEL ENTRENAMIENTO**



La prueba ortostática
y el electrocardiograma como medios de
CONTROL BIOMÉDICO
del entrenamiento

Felipe Eduardo Marino Isaza, MD. Esp. MSc.
María Mercedes Becerra, Enf. Esp.
Esmeralda Rosas Restrepo, MD.

Las pruebas cardiovasculares en el control **NEUROLÓGICO DEL DEPORTE**



Las primeras aproximaciones a las evaluaciones de la respuesta de los deportistas a las cargas de entrenamiento datan del siglo XIX y hacen referencia a los reflejos tendinosos y su modificación con el trabajo físico. Los reflejos tenían una respuesta exagerada con el levantamiento de pesas, mientras que la fatiga los disminuía considerablemente. Así mismo, otros autores mencionan la evolución de los reflejos tendinosos con el hecho de caminar, y que algunos ejercicios como las flexiones de brazos en barras influían de manera directa sobre la esfera de los reflejos. Posteriormente, algunos estudios centrados en las carreras

ciclistas y de maratón revelaban que los reflejos se modificaban en función del grado de preparación del deportista y las cargas anteriores recibidas.

Desde 1937 a 1961 fueron muchas las investigaciones realizadas sobre la respuesta del atleta a las cargas del entrenamiento sistemático y su identificación de acuerdo con la modalidad deportiva. En 1947, T. P. Fanagorskaya reveló que la agudeza de los reflejos dependía en gran parte de la especialización deportiva y la preparación previa del deportista. De 1959 a 1963 se asocia el grado de desarrollo de la esfera neurorrefleja de los atletas con la carga muscular. Igualmente, se ratifica el paralelismo en la evolución del estado funcional de los centros motores superiores y los reflejos tendinosos.

El estudio del estado funcional del sistema nervioso vegetativo se origina en el predominio de una de sus porciones como respuesta. La mayoría de trabajos en este sentido resaltan que con el crecimiento del grado de preparación se presenta un cambio funcional en el sentido de la intensificación de las influencias vagales en el sistema cardiovascular, lo que viene acompañado con bradicardia, una ligera disminución de la presión arterial y un reflejo de Aschner positivo. Dichas tendencias de evolución del sistema nervioso vegetativo en los atletas que practican diversas modalidades deportivas se manifiestan de modo diferente. Por ejemplo, algunos trabajos muestran respuestas del reflejo de Aschner de forma inversa en deportes de conjunto, y en la recuperación, el fenómeno de taquicardia remanente.

En lo que refiere a la dinámica del pulso con la prueba ortostática en los deportistas, cabe decir que en la bibliografía no existe un criterio unánime sobre el particular. La mayoría de los autores estima que el comportamiento del pulso entre - 6 ppm y +20 ppm es considerado como normal y que cifras por encima de estos valores, al igual que el retardo en la recuperación, indican un síntoma de alteración de los instrumentos reguladores del sistema cardiovascular. Esto se relaciona también con la respuesta de las diferentes etapas del entrenamiento deportivo.

La evaluación del sistema nervioso vegetativo se desarrolla observando una serie de respuestas a diferentes maniobras o pruebas especiales. Una de ellas es la presencia de *dermografismo* o la posibilidad de escribir en la piel del paciente; el rojo indica respuesta parasimpática acelerada, mientras que el blanco indica un predominio simpático.

Las pruebas de Aschner y ortostática son quizás las más usadas en la evaluación de los deportistas para la evaluación de la respuesta vascular del organismo.

La prueba de Aschner se realiza tomando el pulso en reposo durante 15 segundos, posteriormente se hace presión con las yemas de los dedos primero y medio sobre los globos oculares por 10 segundos sin tomar el pulso e inmediatamente durante 15 segundos más tomando el pulso. Una vez liberada la presión sobre los globos oculares se toma el pulso en 2 ciclos de 15 segundos cada uno. La interpretación tiene la cifra en reposo, la diferencia entre la primera y la segunda, el grado de desaceleración y entre la tercera y la cuarta y la recuperación posexcitación.

En el caso de la prueba ortostática, los valores iniciales del pulso y la presión arteriales son los tomados en los 30 segundos finales de un reposo de 5 minutos. Luego se eleva la mesa inclinable a 70° y se toman la presión arterial y el pulso en los minutos tercero y quinto de la prueba, acompañado, si se quiere, de electrocardiograma que nos permita monitorear algún cambio de consideración en el registro. Es sabido que en cada momento dado, la frecuencia del pulso es debida a la influencia simpática y parasimpática del sistema nervioso vegetativo y su influencia sobre el sistema cardiovascular. El predominio parasimpático produce una desaceleración del pulso, mientras el simpático, lo contrario. Usando las dos pruebas se puede evaluar muy bien y de manera fácil el sistema nervioso vegetativo.

La prueba **ORTOSTÁTICA**

Los cambios posturales que ejecutan los deportistas que practican disciplinas, tanto cíclicas como acíclicas (la natación, el judo, la lucha, la gimnasia, el patinaje artístico, los clavados y el atletismo de saltos, entre otros), tienen gran repercusión en su estabilidad hemodinámica, puesto que exigen la variación de la posición del cuerpo en el espacio, y por lo tanto la estabilidad ortostática es una condición indispensable de la capacidad de trabajo deportivo, hecho que conlleva una respuesta de compensación del sistema nervioso autónomo en unión con factores mecánicos y químicos. Con frecuencia, el desarrollo del entrenamiento sistemático incrementa la estabilidad ortostática.

En este sentido, el organismo del deportista experimenta una serie de reacciones ortostáticas relacionadas con el cambio de la posición horizontal a la vertical, hecho que genera un gran depósito de sangre en los miembros inferiores. Consecuencia de ello, se dificulta el retorno venoso de sangre al corazón, que causa una disminución considerable del volumen sistólico de la sangre impulsada por el corazón. Este nivel de disminución del retorno de sangre venosa al corazón al modificar la posición del cuerpo depende del tono arterial; si este está reducido, la disminución puede llegar a ser tan importante que al cambiar hacia la posición erguida puede producirse un desmayo. El bajo tono venoso podría explicar la aparición de un desmayo en el deportista al permanecer largo tiempo en posición vertical, lo que significa un colapso ortostático. En términos generales, tal situación no se presenta con frecuencia en los deportistas bien entrenados.

Así mismo, con el cambio de posición de decúbito supino a la posición de pie ocurre una disminución de la presión de llenado del corazón, de la presión arterial y de la irrigación cerebral. Todo lo anterior debido a la disminución del retorno venoso por cambios de posición que podrían llegar a producir también un síncope por hipotensión postural de no existir mecanismos compensatorios como los barorreceptores arteriales, carotídeos y del arco aórtico, los que dan lugar a una descarga aferente y, por consiguiente, reducen el freno normal que las neuronas motoras del vago hacen sobre las simpáticas del bulbo raquídeo.

Al adoptar la posición de pie, la disminución del retorno venoso provoca una respuesta compensatoria normal evidenciada en un aumento de la frecuencia cardíaca (FC) por una activación refleja del sistema nervioso simpático que impide la caída de la presión arterial (PA) y mantiene la irrigación cerebral.

Como respuesta normal de un individuo al ortostatismo se espera el aumento de la frecuencia cardíaca y de la resistencia periférica subsiguiente a la vasoconstricción refleja, que en conjunto favorecen el mantenimiento del gasto cardíaco y el volumen sistólico. Puede haber una leve caída de la presión arterial sistólica con una ligera elevación o permanencia de los valores de la presión diastólica, acompañado de un discreto colapso de los vasos del cuello y una disminución del volumen sanguíneo pulmonar y cardíaco.

Para valorar los cambios que aparecen en los sistemas cardiovascular y neurovegetativo, como consecuencia de las cargas de entrenamiento, se aplica la prueba de inclinación o prueba ortostática.

Durante el ejercicio existe un predominio del sistema nervioso simpático sobre el parasimpático para acoplar el organismo y así poder cumplir con las tareas del entrenamiento, que van desde leves hasta intensas. Si el organismo del deportista experimenta cargas físicas de las que no se recupera adecuadamente, es posible que no responda con la descarga simpática habitual al estrés de la actividad deportiva y menos aún al estrés ortostático prolongado, y entonces se establece con anticipación un probable desequilibrio autonómico.

En medicina deportiva, esta prueba se utiliza para la valoración del sistema cardiovascular frente a las cargas de entrenamiento con el análisis de los cambios de la frecuencia cardíaca y de la presión arterial sistólica y diastólica. Se recoge la información del atleta mediante un formato establecido que incluye algunos aspectos de interrogación, y se consignan datos como la edad cronológica, la edad deportiva, los antecedentes familiares y personales relacionados con enfermedad cardiovascular, el número de horas de sueño y la calidad del mismo, los niveles de entrenamiento del día anterior, el estado psicológico, el estado de salud y si han existido patologías en el entrenamiento o la competencia. Se precisa una evaluación médica que incluya historia clínica, un adecuado y completo examen físico y una evolución diagnóstica basada en los hallazgos y necesidades del atleta.

Se define síncope como la pérdida de la conciencia y tono postural con recuperación espontánea. El síncope puede ocurrir en un individuo con una actividad neurocardiogénica normal o como consecuencia de una deshidratación. Asimismo, puede ocurrir por enfermedad cardíaca estructural o por factores como el calor, la humedad y la altura. La población de deportistas es susceptible de padecer un síncope.

El síncope en el atleta requiere de una evaluación completa, sobre todo en episodios de muerte súbita cardíaca, y permite determinar si la enfermedad cardíaca puede llevar a ese suceso. Una atención cuidadosa del atleta con síncope puede prevenir desastres potenciales y, al mismo tiempo, posibilita disfrutar de actividades físicas intensas.

El síncope vasovagal es el término utilizado para denotar uno de los escenarios clínicos, tal vez el más común en la categoría de los síndromes sincopales neuronales. Varias observaciones sugieren que la hipotensión y la bradicardia asociadas con la prueba postural son compatibles a un síncope vasovagal neuronalmente espontáneo.

El *tilt test* en personas asintomáticas sin el uso de ayuda farmacológica exhibe una especificidad del 90 %. Ha sido utilizado hace alrededor de 50 años por médicos y fisiólogos para estudiar la frecuencia cardíaca y las adaptaciones de la presión arterial a cambios en la posición, y como una técnica para la evaluación de la hipotensión ortostática y el método del estudio hemodinámico.

El establecimiento del diagnóstico de síncope vasopresor requiere de desarrollo del síncope o presíncope en asociación con hipotensión y bradicardia, y la reproducción de los síntomas clínicos.

Se ha reportado en los atletas una edad promedio de 23 ± 6 años con 3 episodios de síncope y un cuadro de presíncope al comienzo de los síntomas, pero sobre todo por un tiempo superior al minuto luego de terminado el ejercicio, con una duración entre 20 y 34 segundos. Los síntomas presentados son dolor de cabeza, calor y diaforesis. El síntoma residual alcanza los 10 minutos después del episodio y consiste en fatiga, lo que amerita ajustes en la dieta, como incremento en la ingesta de sal, y tratamiento farmacológico, para permitir así que los atletas competitivos o de recreación no interrumpan su actividad.

Dado que el síncope vasodepresor relacionado con el ejercicio puede ocurrir durante o después del ejercicio, puede presentarse en atletas entrenados o no entrenados, puede ocurrir en pacientes con o sin síncope típico vasodepresor no relacionado al ejercicio, con frecuencia no es reproducible por la evaluación de estrés al ejercicio. Se presentan síntomas "pródromos" y una respuesta similar en pacientes con síncope vasodepresor no relacionado al ejercicio.

Existe en la literatura datos que sugieren que el síncope que ocurre durante la actividad está comúnmente asociado con la enfermedad cardiovascular y es por lo tanto una opción de advertencia de un episodio inminente de muerte súbita cardíaca. Sin embargo, es de resaltar la importancia de hacer la diferencia de una patología cardíaca potencialmente letal de una adaptación cardíaca normal relativa a un entrenamiento físico llamado corazón del atleta, que puede resultar particularmente desafiante.

Muchos autores coinciden en que los atletas competitivos son las personas que realizan un entrenamiento regular, con frecuencia e intensidad variada, que ejecutan un ejercicio dinámico (correr, jugar tenis, nadar), lo cual resulta en un incremento de la tasa cardíaca, el volumen sistólico y la presión arterial sistólica, con una declinación consecuente a la resistencia vascular periférica y la presión arterial diastólica. Lo anterior contrasta con el ejercicio estático (levantamiento de pesas), que implica un incremento de ambas presiones (sistólica y diastólica), con un modesto incremento de la frecuencia cardíaca y el gasto cardíaco.

Respuesta de las reacciones ortostáticas en competidores de diferentes deportes

Las reacciones del organismo en el entrenamiento fueron investigadas a través de los cambios cardiovasculares mediante la prueba ortostática. Deportistas de varias modalidades deportivas fueron evaluados para ver el comportamiento de las variaciones de la respuesta del organismo antes y después del entrenamiento, 3 minutos en posición decúbito y 5 minutos en posición de pies, bajo las siguientes variables: frecuencia cardíaca en 10 segundos, presión arterial sistólica y presión arterial diastólica. Para hacer el comparativo de estos valores se emplean unas fórmulas descritas por Dobrev (1971), en las cuales se calcula lo que él llamó coeficiente ortostático informativo de las reacciones cardiovasculares con los cambios de posición del cuerpo e índice ortostático, el cual indica el predominio de los mecanismos compensatorios de la circulación, ritmo cardíaco o tono vascular.

Coeficiente ortostático:

$$\frac{0,90 + 2 ((PASv - PASH)/PASH)}{\sqrt{(1 - (Pv - Ph) / Ph)) * (1 - (PADv - PADh) / PADh))}$$

Índice ortostático:

$$\frac{1,1 * (1 + (PADv - PADh) / PADh)}{1 + (Pv - Ph) / Ph}$$

PASv: presión arterial sistólica vertical; **PASH:** presión arterial sistólica horizontal; **PADv:** presión arterial diastólica vertical; **PADh:** presión arterial diastólica horizontal; **Pv:** pulso vertical; **Ph:** pulso horizontal.

La prueba ortostática aplicada posterior a una carga refleja la temprana fase de recuperación de la FC y la PA y los cambios conectados a la redistribución de la sangre y la fatiga ocurrida durante la carga. La reacción ortostática se manifiesta por sí misma al tomar la posición vertical en una significativa disminución de la PAS, un ligero aumento del pulso y una elevación considerable de la PAD. El coeficiente ortostático disminuye y los valores más desfavorables obtenidos se observan en los deportistas sometidos a una carga de entrenamiento intenso. Al mismo tiempo, el aumento considerable del índice ortostático después de la carga resulta de la más activa participación de los mecanismos vasculares compensatorios al adoptar la posición de pies y la tendencia al incremento de la PAD demuestra, en nuestra opinión, la buena reacción compensatoria de los sujetos a los cuales se les aplicó la prueba ortostática.

Las reacciones normales de los deportistas bien entrenados muestran la tendencia a PAS bajas y un índice ortostático por debajo de 1 antes de recibir las cargas del entrenamiento, al igual que FC con ligero aumento no significativo. Después del entrenamiento, la FC aumenta ligeramente en posición vertical, la PAS muestra un aumento no significativo y la PAD se eleva igualmente sin significancia. El coeficiente ortostático disminuye después de la carga de forma más considerable, pero no así significativa, y tiende a mantenerse en valores inferiores o similares a 1.

Para la interpretación de las reacciones ortostáticas, las cuales son de gran importancia cuando se evalúa la condición circulatoria, se presentan a menudo dificultades. Los métodos propuestos por Lyublina (1933), Schellong (1938), Brehm y Wezler (1953), algunos de los cuales fueron los más comúnmente usados, proveen un conocimiento parcial acerca del carácter general de la reacción, no siendo capaces de dar información concerniente a los cambios dentro de los límites de uno u otro tipo de reacción. Los primeros estudios en evaluar las reacciones ortostáticas son de C. W. Crampton (1913). El índice que propuso estaba basado en los cambios sucedidos en la frecuencia cardíaca y la presión arterial sistólica, realizados en varias mediciones en diferentes sujetos. Por lo tanto, este índice es frecuentemente usado, es más corto, no tiene en cuenta la presión arterial diastólica y no toma los valores iniciales de frecuencia cardíaca y presión arterial en posición decúbito. Debe tenerse en cuenta en esta relación que un aumento en los mecanismos circulatorios compensatorios, los cuales son manifestados en formas distintas en sujetos entrenados, se relaciona con el tono vascu-

lar y el condicionamiento de la presión arterial diastólica por este, que comienza a mostrarse más y más importante para el mantenimiento de la presión sistólica después de su elevación (Dobrev, 1961).

El índice ortostático propuesto por Burkhart y Kirkchoff (1966) está libre de las simplezas descritas anteriormente, pero es aplicable solo en mediciones de reacción ortostática al mantenerse únicamente 10 minutos en posición de pies. La necesidad de medir la presión arterial diastólica llega a ser complicada también por el hecho de que existe en la reacción ortostática una correlación estrecha entre las presiones diastólica y sistólica, mas no así entre la presión sistólica y la frecuencia cardíaca. Los cálculos del coeficiente de correlación (r) en cerca de 1.000 casos revelan una correlación entre la PAS y FC en posición acostado, de $r = 0,147 \pm 0,03$, y entre la PAS y la PAD de $0,526 \pm 0,02$. En posición de pies la correlación entre la FC y la PAS fue $r = 0,036 \pm 0,03$ y entre PAS y PAD fue $r = 0,057 \pm 0,02$.

Al mismo tiempo, los cálculos de la correlación entre los valores de los cambios de posición de pies y acostado muestran que entre diferencias ortostáticas en PAS y FC se obtuvo un $r = -0,078 \pm 0,03$ y entre PAS y PAD el $r = 0,30 \pm 0,02$. Esto evidencia que tanto en la PAS mantenida en posición decúbito y de pies, como también en los cambios ocurridos en esta después de pararse, existe una gran correlación entre la PAS y la PAD mucho mayor que entre la PAS y la FC. Por lo tanto, no debemos obviar los cambios en la PAD, ya que esto podría minimizar los cambios observados. Tomando en consideración la descripción hecha del carácter de la reacción ortostática, se propuso el coeficiente ortostático para este tipo de evaluación.

En la fórmula se pretende expresar el mecanismo de compensación de la PAS en la base de los cambios ocurridos inmediatamente al levantarse, tanto en la FC como en la PAD. Por otro lado, los valores iniciales para FC, PAS y PAD son tenidos en cuenta en esta fórmula, y el nivel de los cambios en cada uno de estos índices es tomado en dependencia de los valores iniciales. El crecimiento del valor del coeficiente en una próxima medición es considerado como un aumento en los mecanismos compensatorios, mientras que una disminución significará deterioro. Valores mayores de 1 significan, en nuestra opinión, una buena reacción, mientras que valores menores de 1 indican posibilidades compensatorias desfavorables. En mediciones comparativas, especialmente cuando se realiza el seguimiento de un mismo sujeto en un período definitivo, se propone un índice ortostático con el fin de

mirar la dirección de los cambios en los mecanismos compensatorios, por ejemplo, para ver la reacción vascular o la participación de la FC de una forma más o menos intensa. El índice ortostático expresa la interrelación de los cambios en la FC y las fluctuaciones de la PAD de acuerdo con la fórmula.

El crecimiento del índice indica un más grande incremento en el papel compensatorio de la actividad cardíaca, mientras que una disminución indica un aumento en la actividad del corazón.

Protocolo:

Acostado: 10 minutos, interrogatorio y auscultación, toma de FC y PA. Al final de los 10 minutos, EKG de control.

De pies: 1': FC, PAS y PAD; 3': FC, PAS y PAD; 5': FC, PAS y PAD más EKG de control.

Si existen alteraciones en el EKG, se trota 2 minutos y nuevo EKG de las derivaciones alteradas.

Durante el ejercicio el sistema nervioso simpático predomina sobre el parasimpático para modular el organismo y hacer que pueda cumplir tareas, desde suaves hasta extenuantes y, a veces, increíbles debido al volumen de la carga. A medida que el organismo se adapta a las exigencias físicas producidas por el entrenamiento deportivo, sufre cambios que obligan al sistema nervioso (SN), tanto autónomo como central, a realizar las modificaciones necesarias para mantener y lograr una estabilidad hemodinámica que permita un rendimiento óptimo durante el ejercicio. Este complejo sistema es el encargado de regular, de igual manera, la respuesta fisiológica ante las variaciones de posición corporal que se adoptan durante la actividad física. El conocimiento acumulado en los últimos años ha permitido identificar los cambios profundos que se suceden en el organismo del ser humano durante el entrenamiento físico y saber, por ejemplo, que las adaptaciones autonómicas son no solamente notables, sino también probablemente las más importantes. Todo esto se refleja en las variaciones de la frecuencia cardíaca (FC) y la presión arterial (PA) durante la prueba ortostática (PO), las cuales van a ser mucho más significativas en los deportistas de resistencia. Es por esto que la caracterización se realizará a partir del análisis de las pruebas ortostáticas de este grupo de deportes.

Si el organismo humano sobreentrenado no responde con la descarga simpática habitual al estrés del ejercicio, tampoco responderá al estrés ortostático prolongado y, por esta razón, se aplica este último buscando precisamente identificar precozmente cualquier desequilibrio autonómico, mediante una prueba ortostática, según las recomendaciones del Instituto de Medicina Deportiva de la Habana, Cuba.

Una de las grandes preocupaciones de los médicos encargados de cuidar la salud de los deportistas ha sido encontrar marcadores que permitan detectar precozmente el sobreentrenamiento. Hasta la fecha, en el mundo, la prueba ortostática se ha usado preferiblemente para el diagnóstico de enfermedades relacionadas con el sistema cardiovascular, sobre todo el síncope. Sin embargo, en los países de Europa Oriental su utilidad se amplía en la aviación y la cosmonáutica, y en el diagnóstico de sobrecarga deportiva es reconocida debido a la respuesta del sistema nervioso autónomo. La prueba ortostática ha sido utilizada como una forma de evaluar la respuesta de los deportistas a la adaptación de las cargas de entrenamiento. Desafortunadamente, en nuestro medio no existen en la literatura referencias acerca de los cambios y las reacciones ortostáticas con el ejercicio, en especial en los deportes de resistencia, en los cuales está involucrado el sistema cardiovascular y es de vital importancia su adecuada respuesta a las cargas de entrenamiento.

La caracterización de la respuesta ortostática en los deportistas permite establecer una referencia para la evaluación del sistema nervioso autónomo en este grupo de personas y definir las adaptaciones a las cargas para detectar el sobreentrenamiento en sus fases tempranas.

Según los cambios de la presión arterial y el pulso aparecidos durante la influencia ortostática, surge la posibilidad de valorar el carácter y la calidad de la regulación del sistema cardiovascular, como también la calidad de la adaptación del atleta a las distintas condiciones del entrenamiento.

Así, es necesario comparar los parámetros obtenidos durante la investigación de cada deportista con las magnitudes normales caracterizadas para los atletas bien entrenados.

Metodología para aplicar **LA PRUEBA ORTOSTÁTICA**

Debe procurarse un ambiente calmado y confortable. El deportista debe estar en óptimas condiciones de salud. Debe acostarse en la cama inclinable usada para esta prueba y conectarse a un electrocardiógrafo y a un monitor.

Asistir al examen en condiciones muy cercanas a las basales, es decir, sin haber practicado deporte ese mismo día ni haber entrenado intensamente el día anterior.

Posterior a la explicación del examen, se diligencia un interrogatorio que incluye identificación, fecha de nacimiento, edad deportiva, entrenamiento el día anterior, horas y calidad de sueño la noche antes, antecedentes familiares de síncope, muerte súbita, epilepsia, disautonomía, enfermedad cardíaca, arritmias y enfermedades crónicas no transmisibles.

Así mismo, se indaga sobre antecedentes personales acerca de dolor precordial, taquicardias, disnea, mareos o desmayos durante el ejercicio. También se interroga por actuales enfermedades agudas, lesiones deportivas y estado psicológico.

La prueba inicia con la instalación de un monitor cardíaco, al cual debe permanecer conectado el deportista mientras dure el examen y la toma de un registro electrocardiográfico en posición de decúbito supino después de un reposo de cinco minutos. Se hace el primer registro de la frecuencia cardíaca y se mide la presión arterial en reposo.

Se sujeta al atleta acostado en la mesa inclinable con 2 correas, una a la altura de la cintura y otra sobre piernas, con el fin de asegurarlo a la camilla y evitar accidentes con los cambios de posición. Se procede a elevar la cabecera de la camilla hasta alcanzar una inclinación de 70 grados; en esta posición han de transcurrir 5 minutos, con el registro de la frecuencia cardíaca y la presión arterial al 1er, 3er y 5to minuto.

Mientras se hace la evaluación, se debe vigilar el monitor cardíaco con el fin de observar cambios en el ritmo, la frecuencia cardíaca y cualquier manifestación de signos y síntomas que el deportista presente.

Esta información se anota en el formato de prueba ortostática para ser incluida en la historia clínica.

Los resultados de la prueba analizan la frecuencia cardíaca según la edad deportiva, que en decúbito supino evidencia casi siempre una bradicardia sinusal como un cambio en la regulación del sistema nervioso autónomo demostrado por el aumento del tono vagal con relación al tono simpático, lo que corrobora la literatura en cuanto al mayor tiempo de entrenamiento sistemático y la habitual bradicardia sinusal.

El comportamiento de la frecuencia cardíaca en posición de pie comparada con la de decúbito supino puede llegar a alcanzar un incremento entre 0 y 30 latidos por minuto en las 3 oportunidades (minuto 1, 3 y 5), respecto de la frecuencia observada en la posición acostado.

La presión arterial sistólica en posición de pie no disminuye menos de 20 mm de Hg ni aumenta más de 10 mm de Hg en los 3 tiempos (minuto 1, 3 y 5) que se registran con relación a la posición acostado.

Los valores diferentes a los antes mencionados se consideran inadecuados para el deportista, al igual que la aparición de signos y síntomas muy marcados de origen vagal, lo que requiere la oportuna intervención por parte del médico especialista en deporte para orientar al entrenador y al atleta con respecto a las cargas de entrenamiento y a su proceso de recuperación de las mismas. Si los valores encontrados se asemejan a los referenciados, la prueba se considera adecuada y normal.

Al considerar los resultados del análisis de las diferentes variables incluidas en el estudio ortostático, se observa que la variación de las presiones arteriales, tanto sistólicas como diastólicas, y la frecuencia cardíaca de los deportistas bien entrenados con respecto a los valores basales no deben presentar una variación considerable, por lo que podemos deducir que presentan una adecuada adaptación cardiovascular al estrés ortostático, lo que pudiera correlacionarse con una buena adaptabilidad a las cargas de entrenamiento y una buena respuesta cardiovascular al momento de la competencia.

Es importante resaltar que durante la prueba ortostática la mayor variabilidad se obtiene en la frecuencia cardíaca, lo que significa que los deportistas realizan compensación cardiovascular a expensas de la velocidad de contracción cardíaca para mantener el gasto cardíaco durante el estrés ortostático, y no requirieron modificar las resistencias

vasculares periféricas para evitar el colapso cardiovascular, lo que pudiera indicar que durante un esfuerzo físico importante los deportistas responderían adecuadamente a la carga.

También en el momento de la prueba ortostática los deportistas sufren una redistribución del volumen sanguíneo intravascular producto de la gravedad. Al no existir variación significativa de las variables estudiadas ya descritas, se deduce que la compensación cardiovascular es adecuada gracias a la estimulación simpática, que es lo que le sucede normalmente a un deportista bien entrenado en el momento de la competencia.

Valoración y hallazgos normales en el electrocardiograma del **DEPORTISTA: ESTANDARIZACIÓN E INTERPRETACIÓN**

El electrocardiograma es un examen que refleja la actividad eléctrica del corazón y constituye una herramienta muy útil para la evaluación de los atletas. Es importante diferenciar e interpretar los efectos fisiológicos del entrenamiento físico intenso de los patrones anormales que requieren intervenciones y pruebas adicionales para confirmar o desecher la sospecha de una condición cardiológica de muerte repentina.

El cuidado de la salud cardiovascular de los atletas parte de la comprensión de las adaptaciones fisiológicas cardíacas que se manifiestan en el electrocardiograma; este proporciona información muy valiosa si los cambios estructurales y eléctricos derivados de un entrenamiento físico regular son interpretados correctamente.

Diferenciar los hallazgos electrocardiográficos relacionados con el corazón de atleta, de los trastornos patológicos, es fundamental para la detección del riesgo de una muerte súbita.

Siendo el electrocardiograma un examen simple no invasivo, requiere tener presente algunas recomendaciones para su estandarización e interpretación, lo que permite mejorar la precisión, utilidad y conducta en la práctica clínica y evitar errores que pudieran desorientar una adecuada y correcta intervención terapéutica pues se considera un medio para diagnosticar los trastornos de conducción interventricular, las arritmias y algunas anomalías cardíacas genéticas a nivel eléctrico y estructural. Es un examen de rutina preoperatorio, para evaluar ocupa-

ciones de alto riesgo, para la participación de los deportes y también como herramienta de investigación.

En la actualidad, los electrocardiogramas son un registro hecho por máquinas digitales equipadas con un software automatizado. La Asociación Americana del Corazón (AHA) hizo una declaración de referencia en cuanto a las normas para la toma e interpretación del ECG de doce derivaciones.

El procesamiento del electrocardiograma tiene lugar a través de una serie de pasos cada uno de los cuales requieren del cumplimiento de normas. La estandarización registra las posibles diferencias entre los sitios presentes en la superficie del cuerpo que varían durante el ciclo cardíaco y evidencia las diferencias en los voltajes de transmembrana en las células del miocardio, que se producen durante la despolarización y repolarización en cada ciclo. El electrocardiógrafo procesa la señal de los electrodos en la superficie del cuerpo y seguidamente, debe eliminar el ruido de baja frecuencia que resulta del movimiento y la respiración y también de la alta frecuencia dada por la interferencia electromagnética y los filtros digitales.

Hoy en día existen en el mercado una amplia gama de electrocardiógrafos de última generación que cuentan con un monitor digital, diez latiguillos, un cable de electrodos, sistema de pinzas, broches o chupas y un cable de energía.

Estos dispositivos electrónicos están configurados internamente con un amplificador de biopotenciales para impedir que el voltaje se altere, al mismo tiempo que conservan niveles seguros de corriente para el paciente y muestra el estado de calibración. Cuentan con un circuito manejado de pierna derecha como polo a tierra situado en el miembro inferior derecho para reducir los voltajes comunes, lo que es posible por tener una menor impedancia. Está equipado con un selector de derivaciones que logra adquirir las señales de cada electrodo ponderando el aporte de cada uno a través de resistencias y se logra de esta forma la derivación deseada. Existe también el sistema de memoria que guarda la señal para luego imprimirla con la información previamente incluida al equipo por el operador. Incluye un microcontrolador que realiza análisis de ondas, determina la frecuencia cardíaca e identifica arritmias, guía todos los procesos ejecutados por el electrocardiógrafo, lo que le confiere al operador la opción de seleccionar diversos modos de funcionamiento. Finalmente el registrador que edita el trazado final en un papel termosensible.

En el electrocardiograma digital, las señales son transformadas de análogas a digitales mediante varias fases:

- **Adquisición de la señal:** se obtiene la señal mediante la exploración de los electrodos colocados en la superficie corporal. Paso seguido ocurre la amplificación que apunta a aumentar las señales para ser filtradas, eliminando ruidos ocasionados por los movimientos corporales y la respiración. Igualmente es eliminado el ruido de alta frecuencia producto de artefactos o interferencia ocasionada por la red eléctrica para lograr una señal lo más nítida posible.
- **Transformación de datos:** los equipos dispositivos digitales poseen unas plantillas que incrementan la precisión de las medidas acoplando las variaciones y los artefactos entre latidos a partir de complejos dominantes.
- **Reconocimientos de forma de onda:** el dispositivo lleva a cabo una fases sucesivas de para la determinación el punto de inicio y finalización de cada onda realizando mediciones de conformidad con los parámetros preestablecidos en el equipo.
- **Extracción de las características:** se realiza la medición de intervalos y amplitudes.
- **Clasificación diagnóstica:** empleando algoritmos estadísticos y determinísticos el equipo establece una comparación de la base de datos que tiene incorporada con las mediciones realizadas y genera un informe y un diagnóstico probable.

Con respecto a la estandarización, el electrocardiograma computarizado requiere de una preparación de la señal para el análisis. La fidelidad de las mediciones utilizada en algoritmos diagnósticos es determinada por los factores técnicos que afectan el proceso de la señal (muestreo, filtrado y plantilla de formación). La construcción de complejos representativos es crítica para la confiabilidad en la extracción de características y mediciones globales.

Otros dos aspectos del análisis para el procesamiento del ECG que se refieren a las reglas basadas en la experiencia son, en primer lugar, que sean determinantes e incorporen mediciones para criterios de decisión y en segundo lugar la probabilidad estadística para evitar inestabilidad en el diagnóstico.

La adherencia a estándares metodológicos puede minimizar los factores técnicos y sistemáticos para obtener una uniformidad de la medición e interpretación, así como la comparación seriada de los trazados electrocardiográficos.

El cumplimiento de las normas minimiza las diferencias entre dispositivos de diagnóstico que utilizan diferentes métodos de procesamiento con respecto a las mediciones globales.

Pese a que la interpretación de ECG por computador puede ser de utilidad, sigue siendo imprescindible que los reportes sean revisados cuidadosamente por un profesional entrenado con experiencia en el diagnóstico preciso.

Todo trazado electrocardiográfico requiere los datos de identificación que incluye nombre completo, edad, género, documento de identificación, motivo del examen y observaciones. Se estandariza generalmente el paso del papel a una velocidad de 25 mm/s con respecto al tiempo y el voltaje en el eje vertical debe mostrar una amplitud de 1 mV que equivale a 10 milímetros. Según la necesidad para ampliar o disminuir el tamaño de los complejos, se modifica automáticamente la sensibilidad del registro, lo cual debe verificarse para prevenir equivocaciones.

A hacer el examen es prudente esperar a que la persona repose un poco y logre relajarse y disminuir la inquietud corporal, tiempo en el cual se explica el procedimiento y se aclaran dudas con respecto a riesgos y actitud frente al examen. Los objetos metálicos y electrónicos deben ser retirados a la persona, lo mismo que impedir el roce con las superficies metálicas de la camilla para disminuir las interferencias. Un ambiente cálido y privado impide la tensión muscular y facilita un buen registro. La posición de la persona es en decúbito supino con ambas extremidades superiores alienadas a lado y lado del cuerpo, la cabecera de la camilla a 45° para impedir que los hemidiafragmas se eleven, el corazón se desplace hacia atrás, conservando la ubicación espacial dentro del tórax y evitar cambios en las amplitudes registradas, los ejes y las duraciones, que puedan llegar a ser tan grandes como para alterar criterios diagnósticos de rutina.

Es preciso descubrir el tórax anterior, la cara anterior de los brazos y la parte distal de los miembros inferiores si la persona tiene las cuatro extremidades completas; si presenta una amputación el electrodo

correspondiente, se colocará en el muñón de dicha extremidad o en la región del torso más cercana, es decir, hombros o región abdominal inferior; lo mismo ocurre en caso de presentar quemaduras (se buscará una piel sana), y si hay fracturas se ubicará debajo de yeso en contacto con la piel directamente. Los vellos del pecho donde se colocarán los electrodos deben ser rasurados para facilitar el contacto adecuado con la piel, que además deberá estar libre de grasa cutánea, suciedad o humedad, por lo que es preciso limpiar con alcohol y aplicar una abrasión suave con esponja, para reducir la interferencia y mejorar la calidad del trazado. De igual modo, la aplicación de un gel conductor en los puntos de ubicación de los electrodos mejora la conducción de la señal eléctrica.

Las posiciones normales de los electrodos precordiales son con orientación horizontal, pero si se colocan sin hacer referencia a las marcas óseas subyacentes, el patrón de colocación es de orientación vertical. Es un error común pegar los electrodos V2 y V3 en una posición muy superior en el segundo o tercer espacio intercostal que puede resultar en una reducción de la amplitud de la onda R, lo cual puede causar una pobre progresión o dar lugar a un complejo rSr con inversión de la onda T. También la posición en el sexto espacio intercostal del V5 y V6 puede alterar las amplitudes utilizadas en el diagnóstico de hipertrofia ventricular. A sí mismo, la colocación de los electrodos en las mujeres con senos grandes sigue siendo un problema, ya que estos se ubican por debajo de la mama, lo que reduce la atenuación de la amplitud a causa de la impedancia en el torso superior de las mujeres y parece favorecer la reproducibilidad de la posición durante la práctica de rutina.

Por lo tanto, es evidente que los efectos sobre el electrocardiograma normal dependerán del cuidado con que se coloquen los electrodos habitualmente, en la forma y tamaño del pecho y los pequeños cambios de posición del paciente.

Cuatro electrodos definen el plano frontal estándar de las derivadas definidas por Einthoven. El electrodo de la pierna derecha (RL), que actúa como una referencia electrónica que sirve para mejorar un patrón común o ruido indeciso y el de la pierna izquierda (LL), debe ubicarse exactamente en la extremidad definida, pues su trasposición altera el resultado del ECG. La ubicación errada de sus cables da como resultado una derivación DI con polaridad invertida. Al igual que DII y DIII. Al verificar la polaridad del complejo QRS de en DI en con las derivaciones V5 y V6 debe ser similar y el diagnóstico diferencial es una dextro-

cardia, imagen que se observa al invertir las derivaciones de miembro superior e inferior derechos.

La derivación I está definida como la potencia entre el brazo izquierdo y el derecho (LA- RA), la derivación II es definida como el potencial de diferencia entre la pierna izquierda y el brazo derecho (II- RA) y la derivación III es definida como el potencial de diferencia entre la pierna izquierda y el brazo izquierdo (LL-LA). Estas son las llamadas derivaciones estándar. Estas consideraciones promueven la apreciación de las características morfológicas espaciales del ECG y ayudan en su interpretación. A los pares de electrodos AVR, AVL y AVF se les llama derivaciones unipolares y se presentan en una amplitud relativamente baja.

V1 es la derivación precordial de referencia en el cuarto espacio intercostal derecho con línea para esternal derecha; al lado izquierdo al mismo nivel está V2, en el intermedio de V2 y V4 está V3, en el quinto espacio intercostal derecho con línea medio clavicular V4, en el quinto espacio intercostal derecho con línea axilar anterior va V5 y V6 en el quinto espacio intercostal derecho con línea axilar media.

En cuanto a lo que se considera como hallazgos normales en el electrocardiograma de un atleta se pueden enumerar los siguientes, y se reconoce como adaptaciones cardíacas fisiológicas al ejercicio regular y que reflejan un modelado estructural y eléctrico y las adaptaciones del sistema nervioso autónomo, dando lugar a lo que se denomina "Corazón del atleta".

Aproximadamente del 60 al 80% de los deportistas exhiben cambios electrocardiográficos, teniendo en cuenta aspectos como la edad, el género, la etnia, la disciplina deportiva, el nivel de entrenamiento y el tiempo de experiencia deportiva. Se evidencia esta prevalencia en descendientes caribeños o africanos de género masculino frente a atletas de otras razas o femeninas; del mismo modo, deportes que exigen una mayor resistencia cardiovascular como canotaje, ciclismo y maratón generan cambios mayores en el ECG con respecto a disciplinas deportivas de velocidad o fuerza y de poca resistencia cardiovascular. De acuerdo con lo anterior, es considerado normal un aumento del tono vagal e incremento del tamaño de la cámara cardíaca con la práctica regular del ejercicio y a largo plazo el ejercicio intenso.

La bradicardia sinusal es definida con una frecuencia cardíaca menor de 60 latidos por minuto; está presente hasta en un 80% de los

atletas, y se encuentran frecuencias de 30-40 latidos, con una anulación del latido sinusal por la hipertonía vagal, que puede dar lugar a episodios nodales con disociación aurículoventricular. Así mismo, es frecuente hallar arritmia sinusal, pausas sinusales, aumento del intervalo PR hasta 300 m y fenómeno de Wenckebach incluso durante el día, diferenciables de situaciones patológicas por no estar acompañados de síntomas y ausentarse al comenzar la práctica deportiva, lo cual corrobora su origen vagal.

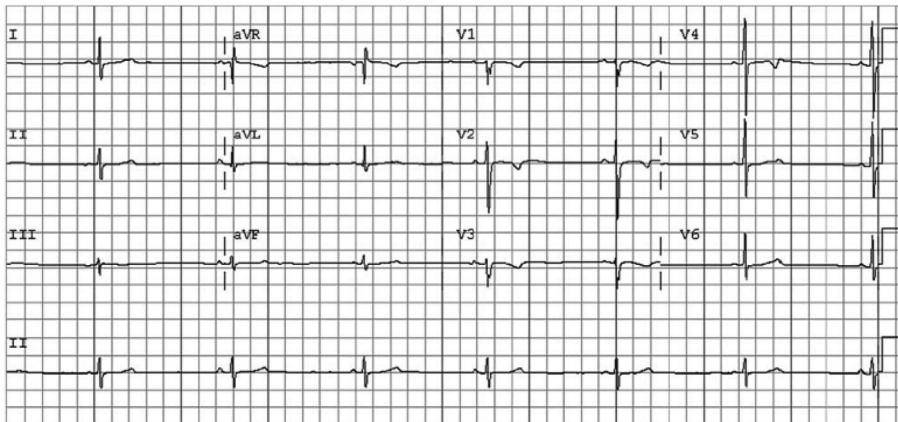


Figura 1. Bradicardia Sinusal en el deportista (Tomado de BJSM, Normal electrocardiographic findings: recognising physiological adaptations in athletes, Drezner J, Fischbach P y Froelicher V.)

La repolarización precoz está presente en un 50% a 80%; está relacionada con la modulación del sistema nervioso parasimpático sobre la repolarización. Más común en hombres y raza caucásica, cuyo patrón muestra una elevación cóncava del segmento ST que tiene una muesca en la porción descendente del complejo QRS llamada onda J. El ECG de los afrocaribeños con una elevación del ST, con una onda T negativa de V2 a V4. Este patrón podría confundirse con el patrón de Brugada y es preciso descartar una patología estructural y si está en otras derivaciones es patológico. Este patrón aparece y desaparece con el ejercicio. Y se hace visible en los primeros noventa días. Este patrón de repolarización temprana se asocia con un mayor riesgo de muerte súbita.

La evaluación del segmento T cóncavo presente en las derivaciones precordiales en un 45% de los deportistas caucásicos es lo que se conoce como repolarización precoz y en el 90% de los atletas caribeños y africanos. Del mismo modo, el bloqueo AV de primer grado y el Mobitz tipo I, bloqueo AV de segundo grado también se observan frecuentemente en los atletas.

En un 10% de las damas y en un 45% de los varones está presente el criterio de voltaje para hipertrofia ventricular izquierda que cumple el criterio de voltaje de Sokolow- Lyon; es un hallazgo normal relacionado con aumento fisiológico en el tamaño de las cavidades cardiacas o espesor de la pared. En caso de encontrar un crecimiento auricular izquierdo, depresión del segmento ST, desviación del eje a la izquierda, ondas Q patológicas o inversión de la onda U requiere evaluación médica adicional.

En ausencia de síntomas como mareo, fatiga o síncope una frecuencia cardiaca mayor o igual a 30 latidos por minuto, se debe considerar normal en un deportista bien entrenado; además desaparece con el incremento de la frecuencia cardiaca durante la actividad física.

Así mismo, durante la inspiración, puede elevarse la frecuencia cardiaca y disminuir con la espiración lo que da origen a un ritmo cardiaco irregular originado en el nodo sinusal.

Ritmo de escape **DE LA UNIÓN AV**

Se presenta cuando el nodo sinusal deja de funcionar, el tejido de la unión auriculo-ventricular manifiesta su automatismo y se apodera del ritmo cardiaco. En los atletas por el aumento del tono vagal la tasa de QRS es más rápida que la onda P en reposo o frecuencia sinusal que se torna lenta.

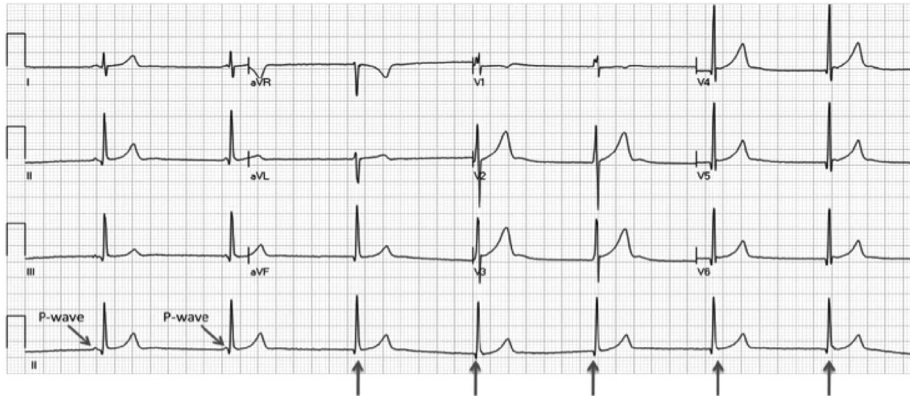


Figura 2. Ritmo de escape de la unión (Tomado de BJSJ, Normal electrocardiographic findings: recognising physiological adaptations in athletes, Drezner J, Fischbach P y Froelicher V.)

Ritmo auricular ECTÓPICO

Las ondas que están presentes pero su morfología es distinta a la onda P sinusal. Este ritmo ocurre por causa de un ritmo sinusal en reposo disminuido por el aumento del tono vagal, siendo este ritmo ectópico reemplazado por el sinusal durante el ejercicio una vez se aumenta el ritmo cardiaco. La frecuencia está cerca de 60 latidos por minuto y la onda P será negativa en las derivaciones II, III y aVF

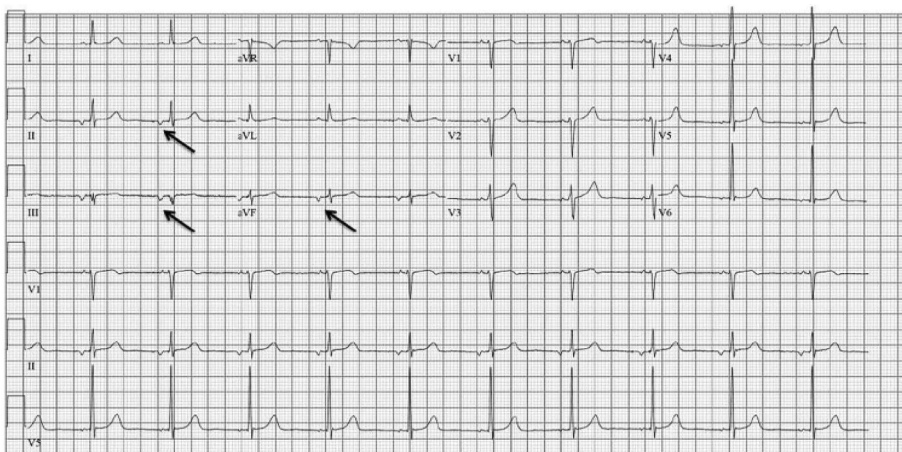


Figura 3. Ritmo auricular ectópico. (Tomado de BJSJ, Normal electrocardiographic findings: recognising physiological adaptations in athletes, Drezner J, Fischbach P y Froelicher V.)

El bloqueo AV de **PRIMER GRADO**

En los atletas el intervalo PR es prolongado, siendo superior a 200 m, por el aumento de la actividad vagal y generalmente se soluciona con el incremento del pulso durante el ejercicio.

Bloqueo Auriculo-ventricular de Segundo Grado Mobitz Tipo I (Wenckebach):

En este tipo de bloqueo se alarga el intervalo PR progresivamente hasta que aparece una onda P no conducida sin complejo QRS y es reversible.

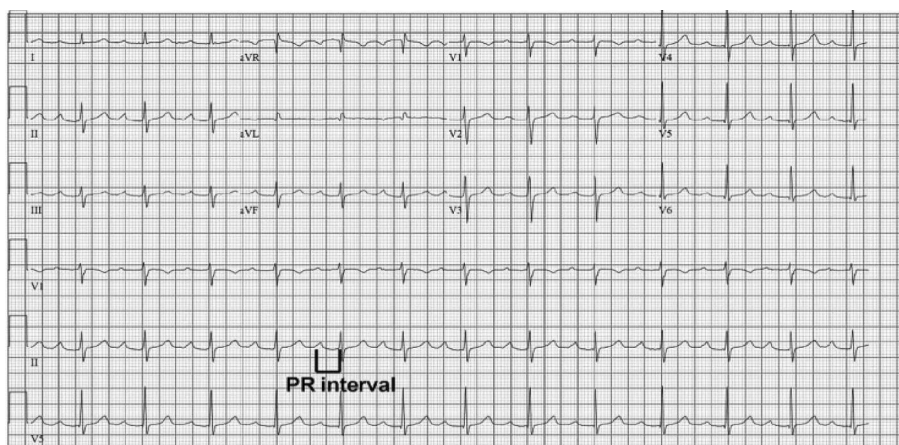


Figura 4. Bloqueo AV de primer grado (Tomado de BJSJ, Normal electrocardiographic findings: recognising physiological adaptations in athletes, Drezner J, Fischbach P y Froelicher V.)

Bloqueo incompleto **DE RAMA DERECHA**

Asociado con el aumento en el tamaño de cavidad ventricular derecha y en la masa muscular del ventrículo derecho. Tiene una duración mayor a 122 m con un patrón de rama derecha, con una onda R terminal en V1 (rSr) y ondas S anchas en DI y V6, se observa en el 40% de los atletas entrenados en resistencia y es muy común en los deportistas.

Si estos son asintomáticos, con antecedentes familiares negativos y el examen físico no muestra alteraciones en la auscultación cardiaca.

La repolarización temprana es un patrón que consiste en la elevación el segmento ST y una onda J presente en la rama descendente de la onda R.

Existe una nueva definición que muestra un complejo QRS con su rama descendente prolongada y una onda J sin elevación del ST. Es un hallazgo frecuente en atletas entrenados y un patrón benigno en personas sanas, aparece en los trazados electrocardiográficos del 35 al 90% de los atletas, más en jóvenes afrodescendientes. Se presenta en las derivaciones precordiales y es considerado una consecuencia directa del entrenamiento y no se asocia a muerte súbita. Es importante diferenciarlo de del patrón tipo 2 de Brugada.

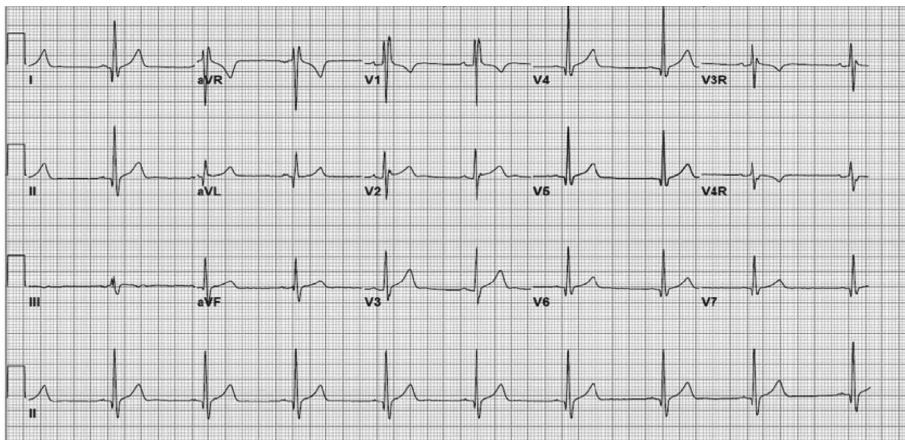


Figura 5. Bloqueo incompleto de rama derecha (Tomado de BJSM, Normal electrocardiographic findings: recognising physiological adaptations in athletes, Drezner J, Fischbach P y Froelicher V.)

El QRS del BIRDHH tiene una (r') con un descenso rápido comparado con los pacientes con patrón de Brugada tipo 2 siendo en estos el ángulo formado por la (r') mayor lo que sirve de criterio de diagnóstico diferencial.

Criterios de voltaje hipertrofia **DEL VENTRÍCULO IZQUIERDO**

El más utilizado es el índice de Sokolow-Lyon; no obstante, el voltaje del QRS no es fiable completamente, puesto que el hallazgo de una hipertrofia ventricular depende de la medición de la actividad eléctrica del corazón de la superficie del cuerpo; pueden influir aspectos como el tamaño de la masa ventricular, el género masculino de raza negra que tienen mayor voltaje del QRS, entretanto la edad avanzada, la obesidad y la enfermedad pulmonar pueden causar un bajo voltaje.

En atletas las alteraciones morfológicas de crecimiento de cavidades y grosor de la pared cardíaca se asocia a un acondicionamiento físico intenso; por lo tanto, constituye una hipertrofia ventricular izquierda fisiológica hasta en un 45% de los atletas.

La repolarización temprana y la inversión de la onda T en las derivaciones anteriores en atletas negros es una adaptación étnica derivada del ejercicio regular. Más del 60% de los atletas presenta elevación del segmento ST y un 25% la inversión de la onda T, estos cambios están presentes sólo hasta V4; por lo tanto, una onda T invertida en V5 y V6 es considerado un resultado anormal y requiere valoración médica y pruebas adicionales.

El distintivo o señal es la elevación en cúpula del segmento ST como variante normal de la repolarización en deportistas africanos.

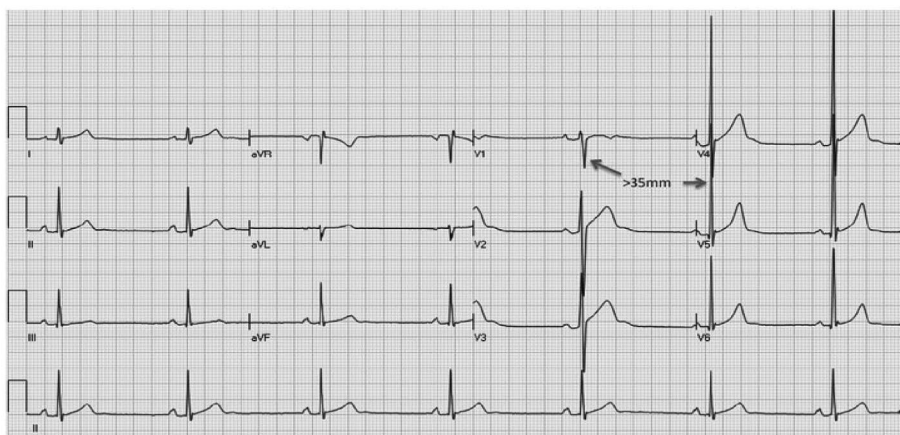


Figura 6. Hipertrofia del ventrículo izquierdo (Tomado de BJSM, Normal electrocardiographic findings recognising physiological adaptations in athletes, Drezner J, Fischbach P y Froelicher V.)

REFERENCIAS

- Abhimanyu, U., et al.** (2011). Interpretación del electrocardiograma en deportistas jóvenes. *Circulación*, 124. 746-757.
- Beneditt, D.** et al. (1996). Tilt Table Testing for Assessing Syncope. Act Expert Consensus Document. *JACC*, 28, pp. 263-75.
- Calkins, H., et al.** (1995). Clinical presentation and long-term follow - up of athletes with exercise- induced vasodepressor syncope. *Am Heart J*, 129. 1159-64.
- Drezner D.** et al. (2013). Normal electrocardiographic findings: recognizing physiological adaptations in athletes. *Br J Sports Med*, 47. 125-136.
- Drezner J A,** et al. (2012). Standardised criteria for ECG interpretation in athletes a practical tool, *Br J sport Med* 46. 16-18.
- Duque, M., Díaz, C.** (2014) El Corazón del Atleta y la Electrocardiografía de 12 Derivaciones. En W .Uribe (2014) *Electrocardiografía Clínica: De lo básico a lo complejo*. Bogotá: Distribuna Editorial Médica. pp: 249-258.
- Dobrev, D.** (1970). Evaluación de la reacción ortostática mediante el coeficiente ortostático. *Agrossologie* 12 C: 103-106. 1 Congrés Bulgare du Physiologie, Sofia.
- Grubb BP,** Syncope in the athlete. *Herzschr Elektrophys* 2012; 23. 72-75.
- Hall JE.** (2011) Guyton y Hall, *Tratado de fisiología médica*. 12 Ed. Elsevier Saunders, España.
- Heldt, T., Shim, E., Kamm, R. y Mark, R.** (2002). Computational modeling of cardiovascular response to orthostatic stress. *Journal of Applied Physiology*, 92.1239-1253.
- Jaramillo, C. J., Rico, M. y Becerra, M. M.** (1999). Evaluación del sistema nervioso autónomo en deportistas. Talleres XVIII Congreso Panamericano de Medicina Deportiva. *Revista Antioqueña de Medicina Deportiva*
- Karpman, U. L.** (1989). *La prueba ortostática. Medicina deportiva*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Mallant, Z., Vicaut, E., Sangare, A. y Verschueren, J.** (1997). Predictions of head-up tilt test result by analysis of early heart rate variations. *Circulation*, 96(2). 581-4.
- Martín, J. y Potter, J.** (1999). Orthostatic blood pressure changes and arterial baroreflex sensitivity in elderly subjects. *Age and ageing*, 28. 522-230.
- Morales, C., Sánchez, A. y González, M.** (2002). Cambios posturales y variaciones de la tensión arterial y la frecuencia cardiaca: su relación con el consumo máximo de oxígeno. *Revista Digital - Buenos Aires*, 8(46).
- Pelliccia A,** et al. (2002). The Athlete's Heart: Remodeling Electrocardiogram and Preparticipación Screening. *CARDIOLOGY IN REVIEW*. 10(2). 85-90.
- Rabassa Lopez M.A.** et al. (2004) Estabilidad ortostática en deportistas de alto rendimiento. Memorias, III simposio de Hipertensión Arterial, Santa Clara, Cuba, 2006.
- Santa K, Chaverra I, Uribe W,** (2014) Recomendaciones esenciales para la realización, estandarización e interpretación de un ECG. En W .Uribe (2014) *Electrocardiografía Clínica: De lo básico a lo complejo*. Bogotá: Distribuna Editorial Médica. 39-48.
- Stoida, Y. y González, M.,** (1977). Investigaciones cardiológicas en los atletas cubanos. *Boletín científico-técnico*, (14).

Sinelnikova, E. M. (1984). *Fundamentos del control neurológico en el deporte*. Moscú: Ed. Vnezhzorgizdat.

Uribe W, et al. (2005). *Electrocardiografía y Arritmias*. P.L.A. Export Editores Ltda. 11-14.

Villegas J, García M, (2005) El electrocardiograma del deportista En Manonelles P *Cardiología del Deporte*. Barcelona: Nexus médica S.L. 69-78