

EVALUACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDIACA Y SUS VARIACIONES EN PILOTOS DE AUTOMOVILISMO

TESINA-CURSO DE DOCTORADO EN MEDICINA INTERNA.
UAB

DIRECTORES:

- Dr. JUAN M^a CINCA CUSCULLOLA. Càrrec hospitalari i/o universitari: Catedrático de Cardiología de la U.A.B. Director del Servicio de Cardiología del Hospital de la Santa Creu i Sant Pau.
- Dr. GUILLERMO E. OLLER MARTINEZ. Càrrec hospitalari i/o universitari: Doctor en Medicina y Cirugía U.A.B. // Cardiólogo Adjunto del Centro Cardiovascular Santo-Jordi (Clínica Pilar-Sant Jordi).

SANTIAGO MAGNANI RAGANATO

1. RESUMEN.	3
2. INTRODUCCIÓN.	5
3. FUNDAMENTOS.	9
4. HIPOTESIS Y OBJETIVOS.	20
5. METODOLOGÍA.	23
6. RESULTADOS.	28
7. DISCUSIÓN.	38
8. CONCLUSIONES.	46
9. BIBLIOGRAFIA	48

RESUMEN

OJETIVO: El objetivo de este estudio es demostrar el impacto a nivel cardiovascular que sufren los pilotos de automovilismo a través de la valoración de la frecuencia cardiaca y sus variaciones durante el momento de las carreras.

MÉTODO: Para ello se utilizaron 3 aparatos de registro continuo Holter con los que se han obtenido las frecuencias cardiacas (FC) de pilotos amateurs y semi-profesionales durante el momento de la competición en el Circuito de Catalunya.

RESULTADOS: Se analizaron los registros de 60 pilotos todos de sexo masculino con una edad media de 37 años ($\pm 11,7$ años), una altura de 175,9 cm (± 7 cm) y un peso de 75,6 Kg ($\pm 10,9$ Kg) que en promedio realizaron 27,1 vueltas al circuito, finalizando el 53% entre los primeros 10 puestos y el 19% en posiciones de podio. Destaca la presencia de una FC media de 119 lpm (± 15 lpm) y máxima de 177 lpm (± 16 lpm) que equivalen al 63% y al 96% de la FCMT.

CONCLUSIONES: El aparato Holter es una herramienta eficaz para medir el impacto cardiovascular que sufren los pilotos a través del análisis de las FC. Los elevados valores de FC media y máxima alcanzados ponen de manifiesto el estrés cardiovascular sufrido por los pilotos. Este estrés cardiovascular aumenta en la medida en que los pilotos se acercan más a los puestos de meta. Un dato a destacar es que no se observan arritmias sostenidas durante las carreras.

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

La actividad física se considera un fiel reflejo del estado de salud y de la calidad de vida de una sociedad, por lo que a la opinión pública le cuesta comprender cómo un joven aparentemente sano puede morir mientras muestra una gran vitalidad en su práctica deportiva habitual (1).

En la historia se conocen casos de muerte súbita después de realizar una actividad física importante en la historia, como fue el caso de la leyenda de Filípides, un corredor profesional quien supuestamente llevó la noticia de la victoria griega sobre los persas en la batalla de Marathon en el año 409 A.C. En su llegada a Atenas, gritó "Alegraos, hemos vencido!" y luego cayó muerto, exhausto.

Los casos de muerte súbita ocupan los titulares de la prensa deportiva especialmente cuando ocurren en deportistas bien entrenados y con un excelente rendimiento deportivo que, desgraciadamente, desconocían que eran portadores de enfermedades cardiovasculares potencialmente letales, a pesar de haber sido sometidos a distintos controles médicos durante su vida deportiva.

Existen datos que indican que el deporte incrementa sensiblemente el riesgo de sufrir una muerte súbita durante la realización de una actividad deportiva intensa. En los deportistas de competición, entendiendo por tales aquéllos que participan en un deporte organizado, las muertes ocurren con mayor frecuencia durante el otoño y la primavera, estaciones en las que se celebran mayor número de competiciones, y en las primeras horas de la tarde, coincidiendo con las horas en las que se desarrollan mayoritariamente los espectáculos deportivos, mientras que en los deportistas de tipo recreacional las muertes ocurren en las primeras horas de la mañana y en las últimas de la tarde, coincidiendo con los momentos del día en que más se realizan estas actividades (2).

Además, las personas que practican actividad deportiva intensa presentan una incidencia mayor de muerte súbita que las no deportistas : 1,6 muertes por 100.000 frente a 0,75 por 100.000. (3)

La patología cardiovascular, al igual que en la población que no practica deporte, es la causa más frecuente de muerte súbita. Entre el 74 y el 94% de las muertes no traumáticas ocurridas durante la práctica deportiva se deben a causas cardiovasculares. (4)

Los reconocimientos médicos actuales realizados en España resultan insuficientes para detectar las patologías más frecuentes de muerte súbita asociadas con el deporte, ya que en 16 casos (26,2%) era conocido algún antecedente patológico, pero sólo en tres se identificó la enfermedad. (5)

. Por tanto, teniendo en cuenta las recomendaciones de las Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología del año 2000, el reconocimiento cardiológico para la participación deportiva debería ser específico para grupo de edad y nivel de práctica deportiva, debiendo incluir siempre un cuestionario de salud, una historia clínica con una anamnesis detallada, una exploración cardiovascular meticulosa y un Electrocardiograma. En el deporte organizado y recreacional intenso debería incluir en los deportistas jóvenes un ecocardiograma, y en los mayores, una prueba de esfuerzo máxima (6)

En lo que respecta a al deporte del automovilismo no existen datos relevantes sobre el impacto cardiovascular que genera este tipo de actividad, debido a que las variables externas a la que debe someterse un piloto durante una carrera son diferentes a cualquier deporte, como ser temperatura, estrés psíquico (concentración), estrés físico, perdidas importantes de electrolitos, como así también cambios de la frecuencia cardiaca y tensión arterial durante la competición.

Nuestro propósito fue estudiar las alteraciones del ritmo cardíaco durante la competición automovilística en pilotos semiprofesionales y amateurs por medio de un estudio de electrocardiografía dinámica (Holter).

FUNDAMENTOS

FUNDAMENTOS

Actividad física y riesgo cardiovascular.

Definición de actividad física:

Cuando se analiza la relación entre actividad física y salud, con mucha frecuencia existe una confusión terminológica en los conceptos actividad física, ejercicio, forma física y deporte que conviene aclarar. Se entiende por actividad física a cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que se traduce en un gasto de energía; ejercicio es un tipo de actividad física, planificada y repetitiva, que tiene como objetivo mejorar la forma física; forma física es la capacidad para realizar las actividades diarias sin sensación de fatiga, y con energía suficiente para realizar actividades en el tiempo libre y afrontar situaciones inesperadas; deporte es el ejercicio practicado con espíritu competitivo y siguiendo una reglamentación definida. (7)

Definición de riesgo cardiovascular:

El riesgo cardiovascular es la probabilidad de tener una de esas enfermedades cardiovasculares en un determinado periodo de tiempo. Esa probabilidad depende de los factores de riesgo cardiovascular.

Existen unos factores de riesgos modificables y otros que no lo son. Los factores de riesgo cardiovasculares más importantes son: el tabaco, la hipertensión arterial, el colesterol y la diabetes.

Además hay otros factores de riesgo que también influyen en el riesgo cardiovascular como son: la edad y sexo del paciente, los antecedentes familiares

de enfermedades cardiovasculares a edades tempranas, la obesidad, la falta de ejercicio físico y el consumo excesivo de alcohol. (8)

Actividad física y frecuencia cardiaca:

La **frecuencia cardiaca** se define como el número de veces que el corazón realiza el ciclo completo de llenado y vaciado de sus cámaras en un determinado tiempo.

El numero de contracciones por minuto esta en función de muchos aspectos y por esto y por la rapidez y sencillez del control de la frecuencia hace que sea de una gran utilidad, tanto para médicos, como para entrenadores para aficionados al deporte o deportistas profesionales. (9-11)

La frecuencia cardiaca de una persona de un momento dado depende de 4 grupos de variables. Un **primer grupo** son las que no dependen directamente del sujeto y en casi todos los casos son temporales y condicionales, como la temperatura, la altura o la calidad del aire, la hora del día o la edad del individuo.

Un **segundo grupo** son intrínsecas sujeto impuesto por la genética como la altura, el somatotipo, o la propia genética.

Un **tercer grupo** son condicionales y temporales pero de carácter psicológico como el miedo el sueño o el estrés (factor que a diferencia de otros deportes cobra fundamental importancia en el automovilismo). Y un **cuarto** grupo (que es el grupo que nos interesa) son las variables propiamente modificables por la persona, como son la actividad física que realiza, el tipo de actividad física, el tiempo que lleva realizando la actividad y la intensidad de esta.

Existen **formulas** para calcular la frecuencia cardiaca máxima.

En la formula general de Fox y Haskell que es la mas usada, tenemos que restar a la cifra fija de 220 nuestra edad en años, ejemplo: $220 - 30 \text{ años} =$ a una frecuencia cardiaca máxima de 190.

Se debe tener en cuenta el sexo, porque las mujeres, por término medio, tienen las pulsaciones mas altas que los hombres por lo cual dichas pulsaciones para un trabajo dado deberían ser ligeramente superiores que en los hombres, debiéndose sumar entre 10 y 20 pulsaciones a la cifra de trabajo. (12-13)

Otras formulas para calcular la frecuencia cardiaca máxima Frecuencia Cardíaca máxima (14)

Frecuencia Cardíaca máxima = $205.8 - (0.685 * \text{edad en años})$

Frecuencia Cardíaca máxima = $206.3 - (0.771 * \text{edad en años})$

Frecuencia Cardíaca máxima = $217 - (0.85 * \text{edad en años})$

Frecuencia Cardíaca máxima = $208 - (0.7 * \text{edad en años})$

Frecuencia cardiaca en el entrenamiento:

Las tablas y los ritmos de pulsaciones que se describen a continuación corresponden para el término medio de un **adulto no deportista**.

Aeróbico de larga duración:

Corresponde a una intensidad de esfuerzo y pulsaciones que oscila entre el 60% y el 70%.

- Adulto entre 30 y 40 años: Alrededor de 120 pulsaciones por minuto.
- Adulto entre 40 y 50 años: Alrededor de 112 pulsaciones por minuto.
- Adulto entre 50 y 60 años: Alrededor de 105 pulsaciones por minuto.

- Adultos mayores de 60 años: Alrededor de 98 pulsaciones por minuto.

Aeróbico intenso

Corresponde a una intensidad de esfuerzo y pulsaciones que oscila entre el 70% y el 80%.

- Adulto entre 30 y 40 años: Alrededor de 138 pulsaciones por minuto.
- Adulto entre 40 y 50 años: Alrededor de 131 pulsaciones por minuto.
- Adulto entre 50 y 60 años: Alrededor de 123 pulsaciones por minuto.
- Adultos mayores de 60 años: no recomendado.

Anaeróbico

El trabajo anaeróbico solo tienen utilidad para deportistas de competición. El trabajo anaeróbico puede ser láctico o aláctico, en función del objetivo propuesto.

El trabajo de velocidad es un trabajo anaeróbico aláctico.

Los trabajos intensos y cortos (1') son anaeróbicos lácticos y producen acumulación de ácido láctico en sangre.

Valores normales de la frecuencia cardiaca en reposo y en el ejercicio.

Ejercicio aeróbico	Entre 110 y 130	Entre 120 y 140	Entre 140 y 160
Ejercicio intenso	Entre 130 y 150	Entre 140 y 160	Entre 160 y 200
Reposo	Entre 70 y 90	Entre 60 y 80	Entre 40 y 60

La frecuencia cardíaca es el número de contracciones del corazón en un minuto, y es importante conocer su comportamiento entre otras razones por su utilidad práctica como un índice de intensidad fisiológica para dosificar el ejercicio. La frecuencia cardíaca se incrementa en relación lineal, es decir, con incrementos constantes, con la intensidad del ejercicio. Y esto es así hasta el 75-92% del máximo trabajo teórico. Es a partir de esta intensidad de trabajo cuando, a iguales incrementos en la carga de trabajo, los incrementos de la frecuencia cardíaca son menores; es decir, existe un aplanamiento en la respuesta cardíaca. (15-20)

Las arritmias cardíacas pueden ser un resultado directo o indirecto del aumento del consumo de oxígeno miocárdico, aumento de tensión de pared cardíaca y/o liberación de sustancias vasoactivas que se producen al realizar una actividad física como puede ser la práctica del deporte automovilístico. (21-23)

Arritmias por aumento de la excitabilidad y taquiarritmias:

Las arritmias por aumento del automatismo y las taquiarritmias en el deportista de competición son escasas y generalmente benignas. Es probable que el predominio del tono vagal sea el responsable no sólo de la inhibición de los marcapasos fisiológicos sino también de los focos ectópicos. (24-25)

La monitorización Holter permite realizar una mejor valoración de la prevalencia de extrasistolia, tanto supraventricular como ventricular, siendo en la población de deportistas del 10,6% para la extrasistolia supraventricular y del 34,9% para la ventricular. Estos porcentajes resultan ser inferiores a los encontrados en población juvenil sana. (26-30)

Riesgos del ejercicio físico.

Actividad física y muerte súbita:

El ejercicio físico, además de las posibles lesiones osteomusculares, presenta otros efectos adversos, unos cardiovasculares como pueden ser las arritmias, la muerte súbita o el infarto de miocardio, y otros musculares, como la rabdomiolisis. (31)

Se produce un aumento transitorio del riesgo de muerte súbita durante la realización de un ejercicio intenso, incluso para los varones sanos; sin embargo, el riesgo absoluto durante un episodio aislado de ejercicio es muy bajo, 1/1.510.000 episodios de ejercicio en el Physicians' Health Study. (32)

En un estudio durante 12 años de seguimiento ocurrieron 122 muertes súbitas en 21.481 médicos varones que estaban inicialmente libres de enfermedad cardiovascular.

El riesgo relativo de muerte súbita cardíaca durante un ejercicio intenso o en los 30 min siguientes fue de 16,9 (IC del 95%, 10,5-27; $p < 0,001$); sin embargo, el ejercicio habitual intenso atenuaba dicho riesgo. Lo mismo sucede en las mujeres, como se observa en el Nurses Health Study, en el que durante el seguimiento de 69.693 mujeres entre 1986 y 2004 ocurrieron 288 muertes súbitas durante un ejercicio intenso, lo que supuso un riesgo relativo de 2,38 (IC del 95%, 1,23-4,6; $p > 0,01$). En ellas el riesgo total fue extremadamente bajo, de 1 muerte cada 36,5 millones de horas de ejercicio, e igual que para los varones, el ejercicio regular moderado o intenso tiene un efecto protector (riesgo relativo = 0,41 en mujeres que realizaban ejercicio 4 horas por semana o más, comparadas con las sedentarias). (33)

Los mecanismos postulados en la muerte súbita durante el ejercicio incluyen las arritmias, especialmente taquicardia o fibrilación ventricular, y la isquemia coronaria aguda secundaria a rotura de la placa y la trombosis coronaria. El espasmo coronario también ha sido descrito como mecanismo causal en arterias coronarias enfermas. Sin embargo, el ejercicio regular moderado o intenso tiene un efecto atenuante del riesgo de arritmias auriculares y ventriculares durante una sesión de ejercicio intenso, en parte por la mejora del aporte de O₂ miocárdico y la reducción del tono simpático.

Por otro lado, durante la realización de una actividad física extenuante aumenta temporalmente el riesgo de un infarto agudo de miocardio, especialmente para quienes no realizan ejercicio de manera regular. (34-36)

En el artículo de Suárez-Mier y Aguilera, considerando los 61 casos de muerte súbita durante la actividad deportiva, las patologías predominantes fueron la enfermedad ateromatosa coronaria con 25 casos (40,9%) y la miocardiopatía arritmogénica con 10 casos (16,3%). A diferencia de otras series publicadas, la miocardiopatía hipertrófica, la hipertrofia ventricular izquierda idiopática, la fibrosis miocárdica, las anomalías de las arterias coronarias y la valvulopatía aórtica presentan una escasa prevalencia. Sin embargo, es llamativo el número de muertes de causa indeterminada, 10 casos, todos menores de 30 años, lo que supone el 16,3% del total y el 31,2% en este grupo de edad, en que la competición es más frecuente. Su explicación podría estar en los principales mecanismos involucrados en la muerte súbita que guardan relación con los cambios hemodinámicos y electrofisiológicos que se producen durante el ejercicio, y que además pueden ser distintos según el tipo de ejercicio realizado. Durante el ejercicio físico se produce un aumento de las catecolaminas circulantes, que se ve incrementado por el estrés que genera la competición y que exagera las respuestas de la tensión arterial, de la frecuencia cardíaca y la contractilidad miocárdica, con el consiguiente incremento del consumo de O₂ miocárdico. Por otra parte, la estimulación simpática puede por sí sola favorecer la aparición de arritmias o agravar una situación de isquemia miocárdica subyacente. (37)

Causas de muerte súbita en deportistas según la edad:

La edad condiciona la prevalencia de la muerte súbita durante la actividad deportiva, y en los menores de 35 años el riesgo es excepcionalmente pequeño y se estima una incidencia de 1/200.000/año, mientras que en los mayores de 35 años el riesgo de sufrir una muerte súbita se estima en 1/18.000/año. (38)

Las patologías responsables del fallecimiento guardan también relación con la edad; así, en los deportistas jóvenes las causas son generalmente congénitas y casi nunca de origen isquémico. En las series americanas las principales causas de fallecimiento en este grupo de edad son la miocardiopatía hipertrófica y las anomalías congénitas de las arterias coronarias. Sin embargo, las estadísticas del continente europeo ofrecen resultados sensiblemente diferentes, siendo la miocardiopatía arritmogénica del ventrículo derecho y las miocarditis las patologías más frecuentes. (39-40)

Otras causas mucho más raras de muerte en el deportista joven son los síndromes arritmogénicos, las malformaciones vasculares cerebrales, el asma bronquial y el síndrome de *commotio cordis*. Este extraño fenómeno merece una mención especial porque se asocia con muerte súbita en los niños y en los deportistas muy jóvenes, por debajo de los 20 años. La muerte se produce por un impacto directo no penetrante en el tórax sobre la región cardíaca, con un objeto contundente que actúa a modo de proyectil, en personas susceptibles y en un momento concreto del ciclo cardíaco. En estos casos no existe una cardiopatía de base y no se encuentra una causa estructural que favorezca la muerte. Varios son los posibles mecanismos implicados en este síndrome: apnea, excesivo reflejo vaso-vagal, vasospasmo y arritmia ventricular primaria. Inicialmente se describieron 25 casos de parada cardíaca sin explicación, y en ninguno se apreció que el golpe fuera de magnitud suficiente como para causar la muerte. Recientemente, a partir de los datos del U.S. Commotio Cordis Registry, se han identificado 124 casos de los que sólo el 14% de las víctimas ha sobrevivido al *commotio cordis* gracias a rápidas maniobras de resucitación cardiopulmonar. (41)

Actividad física e inestabilidad eléctrica:

La inestabilidad eléctrica es uno de los factores pronósticos en pacientes con cardiopatía isquémica, y se asocia especialmente con el riesgo de presentar una muerte súbita. Esta inestabilidad eléctrica se asocia con un aumento del tono simpático y/o con una disminución del tono vagal. La actividad física produce cambios en el sistema nervioso autónomo, aumentando el tono vagal y disminuyendo el tono simpático, y por lo tanto contribuye a mantener la estabilidad eléctrica cardíaca.

Actividad física y cardiopatía isquémica:

En un estudio de 1.194 varones con diagnóstico de IAM, el ejercicio intenso (actividad ≥ 6 MET) intervino en el 7,1% de los casos al inicio del infarto. El riesgo relativo (RR) durante un ejercicio intenso o en la hora siguiente fue 2,1, más alto en los pacientes que hacían menos de 4 h semanales de ejercicio regular que en quienes hacían más de 4 h a la semana (RR = 6,9 y RR = 1,3 respectivamente; $p < 0,01$). En otro trabajo, el RR durante el ejercicio fue 10 veces mayor que el riesgo en otras circunstancias. (42)

El ejercicio físico, el estrés psíquico y todas las situaciones en las que están elevadas las catecolaminas circulantes incrementan la demanda de oxígeno, modificando varias de las variables mencionadas. Es necesario destacar de todo lo mencionado anteriormente que la frecuencia cardíaca probablemente sea la variable más importante en la determinación de las demandas de oxígeno por el miocardio y, por tanto, su control adecuado debe ser un objetivo fundamental en el tratamiento de los pacientes con enfermedad isquémica (tabla 1).

El Holter es una de las herramientas diagnósticas más útiles y fiables para el control y seguimiento del ritmo cardiaco, de esta manera con el uso de un aparato ampliamente utilizado en cardiología (Holter) se puede evaluar lo antes enunciado, pudiendo conseguir un análisis de: la frecuencia cardiaca y las posibles alteraciones del ritmo. (43-48)

Existen diversas publicaciones con respecto a la actividad cardiaca y sobre todo a las alteraciones del ritmo cardíaco en los diferentes deportes, pero en el automovilismo existen muy pocos estudios realizados y sobre todo están hechos con un número muy pequeño de pacientes lo que no permite llegar a conclusiones realmente válidas.

HIPOTESIS Y OBJETIVOS

HIPOTESIS

En este estudio se intenta demostrar, a través de la medición de la frecuencia cardíaca y sus variaciones, el elevado nivel de estrés al que están sometidos los pilotos al momento de las carreras y que este deporte a motor somete a los conductores a un alto impacto a cardiovascular y que este impacto es proporcional al rendimiento de los pilotos durante la competición.

OBJETIVOS

Debido a que no existen en la actualidad datos ni estudios realizados in situ en este tipo de deporte y teniendo en cuenta el gran número de pilotos amateurs o semi-amateur que participan en los deportes de motor, caracterizado por someter al corazón a situaciones prolongadas de estrés, se hace imprescindible contar con una herramienta fácil de colocar, no invasiva y de alta seguridad diagnóstica, como lo es el Registro Holter y que permita un adecuado sistema de control y monitoreo de los pilotos a fin de mejorar las normas de control y seguridad de este deporte.

Este estudio se basa en la utilización de una metodología poco agresiva y sencilla de aplicar para obtener datos que faciliten el conocimiento y control funcional de los pilotos durante una competición automovilística, centrándose en conocer las variaciones de la *respuesta funcional cardíaca* de los pilotos.

Objetivos detallados:

1. Conocer los datos generales, aportados por los Registros Holter, referentes a las Frecuencias Cardíacas (FC) de pilotos sin antecedentes patológicos y de diferentes edades al momento de la competición.
2. Valorar si existe una correlación entre la edad de los pilotos y las FC obtenidas en los registros.

3. Verificar si existe relación entre la FC y la posición de inicio y llegada a la meta.
4. Conocer si existe una correlación entre la FC del piloto y la variación del posicionamiento (adelantos y retrasos) de los coches durante la carrera.
5. Valorar la existencia de Arritmias ventriculares o supraventriculares durante el momento de la competición.

MATERIAL
Y
METODOLOGÍA

MATERIAL Y METODO

MATERIAL: Para la realización de dicho protocolo se utilizaron tres aparatos de registro Holter de ritmo cardíaco de tres canales con sistema de grabación digital y un programa que viene incluido para realizar el proceso de los datos y posterior informe.

A los pilotos que accedieron a la realización de este protocolo se les informó que sus datos serían confidenciales, comentando que en todo momento que el motivo del estudio es solamente de carácter científico y que puede solicitar, si el piloto quería, una copia del informe.

Se utilizó para la realización de este estudio aparatos Holter Gen Med con tecnología Digital de tres canales, utilizando como base de soporte para la adquisición de los datos una tarjeta Memory Stick de 64 MB.

La lectura de los Holter la realizó un Cardiólogo y fue valorado posteriormente por un Cardiólogo especialista en Arritmias.

METODO: Una hora antes de iniciarse la prueba se colocó cuatro electrodos sobre sus respectivos sensores y posteriormente se aplicó sobre el tórax del piloto y posteriormente activando el aparato Holter.

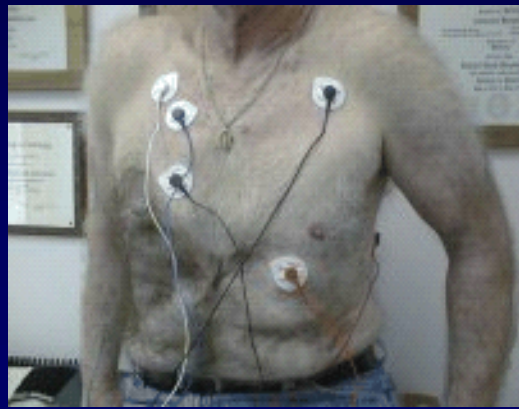
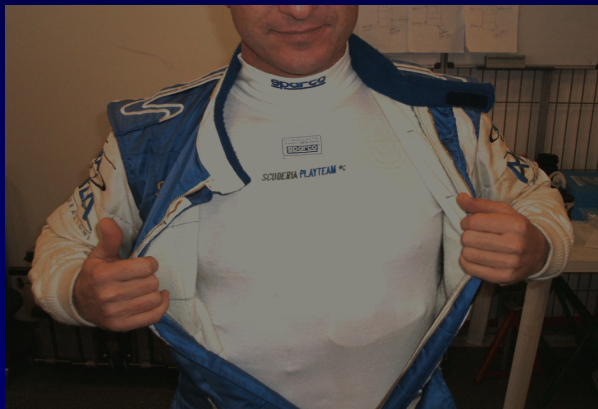
Se accionó un sensor en el momento de subirse al automóvil, de esta manera pudimos comprobar lo que sucedió con el ritmo cardíaco frecuencia cardiaca (máxima, mínima y media) durante la competición, alteraciones del ritmo cardíaco, trastornos de conducción, trastornos del ritmo intraventricular, tiempo de latencia en taquicardia.

Riesgos del examen: Como se trata de un estudio incruento, dicho examen no implica riesgos asociados.

PREPARACIÓN PARA EL EXAMEN:

No hay una preparación especial para el examen.

Se deberá limpiar la piel con alcohol para mejor adhesión de los electrodos. Posteriormente se deberá fijar con un esparadrapo los electrodos y colocar una malla para que no existan alteraciones en el registro.



MOTIVO DE EXCLUSION DEL PROTOCOLO:

- 1- Estar bajo tratamiento farmacológico con medicación bradicardizante y/o cardiológica.
- 2- Antecedente de cardiopatía isquémica o de otra etiología.
- 3- Bloqueo completo de rama izquierda del Haz de Hiss, marcapasos definitivos, otras cardiopatías.

Se consideraron las siguientes variables:

1. Edad
2. Sexo
3. Frecuencia cardiaca máxima
4. Frecuencia cardiaca mínima
5. Frecuencia cardiaca media
6. Trastornos del ritmo (taquiarritmias y bradiarritmias)
7. Arritmias ventriculares y supraventriculares.
8. Porcentaje del estudio en taquicardia.

ANALISIS ESTADISTICO:

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico SPSS 11.5.

FICHA DE RECOGIDA DE DATOS DE LOS DEPORTISTAS

Nombre		Edad	Sexo
Apellido			
Peso	Talla	Fumador (si) (no)	
Dirección			
País			
Hora de colocación del Holter			
Hora de comienzo de Carrera			
Hora de fin de Carrera			
Hora de retirada del Holter			
Nº del coche o dorsal			
Puesto de salida		Puesto de llegada	
Tiempo de Carrera			
Medicación		Antecedentes patologicos	

Incidentes:

RESULTADOS

RESULTADOS

Muestra:

Para este trabajos fueron incluidos 60 pilotos de coche de competición pertenecientes al calendario de carreras oficiales del Circuito de Catalunya. Dichos pilotos pertenecen a distintas categorías que integran el cronograma anual de competición del circuito y se dedican a esta actividad competitiva de manera profesional o semi-profesional.

Como datos generales relevantes de los pilotos destaca una edad media de 37 años siendo un 100% de sexo masculino, lo que remarca la escasa participación femenina en este deporte y con una altura de 175,9 cm y un peso de 75,6 Kg. En la Tabla-1 se exponen las características generales de los pilotos estudiados.

TABLA-1. Datos Generales de los Pilotos.

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Edad	17	65	37,4	11,746
Sexo femenino (%)	0	0	0%	
Altura (cm)	158	191	175,91	7,046
Peso (Kg)	55	105	75,63	10,942
Fumadores (%)	0	7	11,6%	
Medicación CV (%)	0	0	0%	

OBJETIVO N° 1: **Conocer los datos generales referentes a las FC de pilotos sin antecedentes patológicos y de diferentes edades al momento de la competición.**

Para obtener los datos necesarios para este objetivo, una vez finalizada la carrera se procedió a la búsqueda del piloto, a la retirada del dispositivo de registro Holter y a la realización de un segundo interrogatorio, con el fin de

fundamentalmente palpitaciones y/o mareos y episodios de dolor torácico durante el evento. Posteriormente se procedió a la lectura, interpretación e informe de cada registro en particular. Como dato generales relevante de los registros Holters estudiados, destaca una FC media de 119 bpm, una FC máxima de 177 bpm y un promedio de 2,4 extrasístoles ventriculares (EEVV) y 2,1 extrasístoles supraventriculares (EESS) por carrera. Ninguno de los pilotos refirió haber presentado alguno de los síntomas antes mencionados al momento de la carrera. Ver Tabla-2.

TABLA-2. Datos Generales de los Registros Holter.

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Latidos totales (n)	4597	30982	13831,23	6180,984
FC mínima (bpm)	52	102	71,98	10,406
FC media (bpm)	84	148	119,67	15,158
FC máxima	141	214	177,35	16,386
Latencia en Taquicardia (min-horas)	13 min	3,5 hs	1,04 hs	0,7358
Artefactos (%)	0	45	20	16,190
EEVV	0	69	2,40	9,214
EESS	0	24	2,10	4,758

OBJETIVO N° 2: **Valorar si existe correlación entre la edad de los pilotos y las FC (media y máxima).**

La **correlación** se obtiene a través de un calculo matemático que permite conocer en qué grado están relacionadas dos variables *cuantitativas* entre sí. Este cálculo fue obtenido con el análisis de **Correlaciones Bivariadas** del programa SPSS.

En este trabajo se ha observado la existencia una relación significativa e inversa ($p > 0,001$) entre el aumento de edad y la disminución en las *FC máximas* alcanzadas. Es decir, a medida que aumenta la edad disminuye al *FC máxima* alcanzada por piloto. Este fenómeno se hace más evidente a partir de la mitad de la 4ta década de vida. A diferencia de lo descrito para la *FC máxima*, no se observó una correlación significativa entre la edad y la *FC media*. Ver Tabla-3 y fig-1.

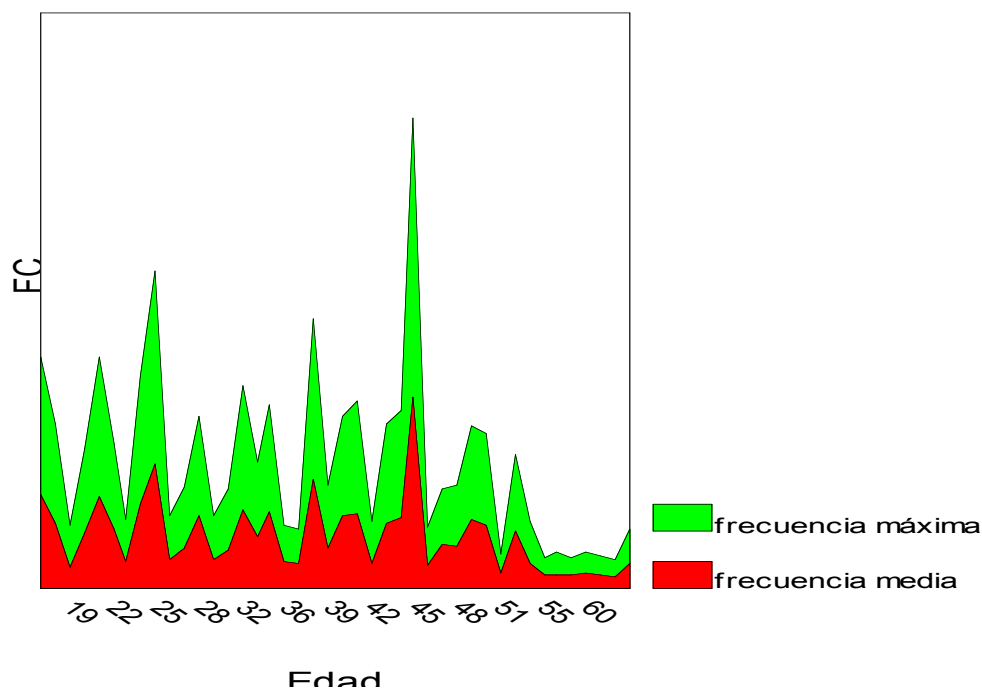
Tabla-3. Correlación entre Edad y FC media y máxima.

		FC media	FC máxima
Edad	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	-0,122 0,360	-0,404 0,002

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

En la figura-3 se grafica la relación inversamente proporcional entre la edad y la *FC máxima*, fenómeno que, como se remarcó anteriormente, se hace más evidente a partir de los 45 años.

Figura-1. Correlación entre Edad y la FC máxima y media.



OBJETIVO N° 3: Conocer si existe correlación entre FC y posición de largada y llegada a la meta.

Contando con la autorización de las autoridades pertinentes del Circuito de Catalunya, se acudió a los *Archivos Generales del Circuito* y se revisaron los datos particulares de cada carrera en la que participaron los pilotos de este estudio con el objeto de corroborar datos como el número de vueltas al circuito de cada carrera y las vueltas realizadas por cada uno de los pilotos, también otros datos como la posición inicial y al llegar a meta, el número de adelantos o retrasos que realizados y el número y causas del abandono. Ver Tabla-4 y fig 2 y 3.

Tabla-4. Datos Generales de las Carreras.

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Posición en la largada	1	60	14,24	14,074
Posición al finalizar	1	35	12,78	10,396
Puestos adelantados	-27	42	1,4	10,958
Abandonos	0	1	0,05%	
Nº de vueltas	10	118	27,10	21,043

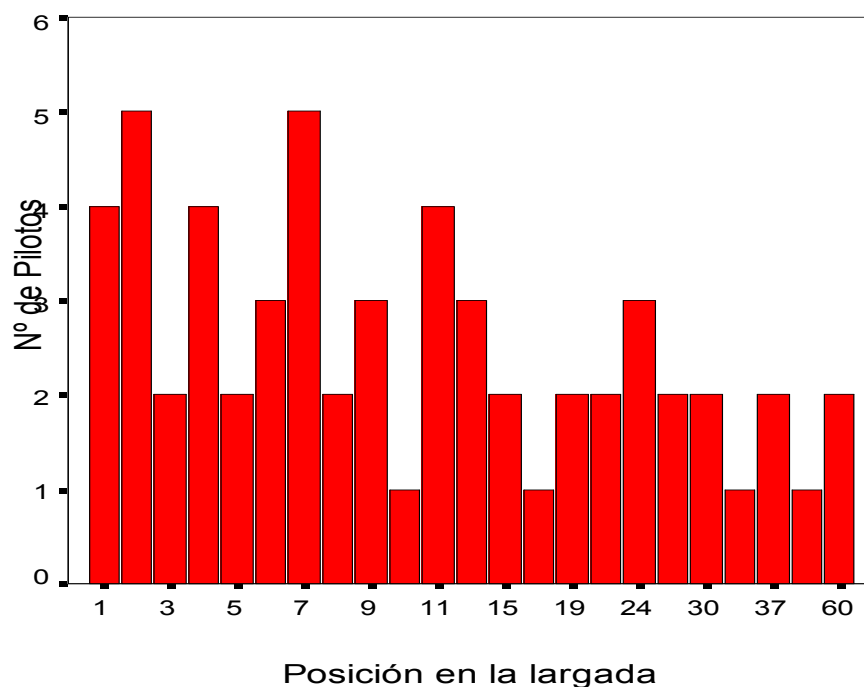
En (-) se representan los puestos retrasados y en (+) los adelantados.

El único abandono constatado se debió a por problemas mecánicos. No existió relación entre la causa del abandono y el aparato Holter.

En la figura-2 se grafica la posición en la parrilla de salida de los pilotos. El promedio de salida de los pilotos fue en posición N° 14,24. El 53% de los pilotos partieron de las primeras 10 posiciones y el 19% de los 3 primeros puestos.

Figura-2. Número de pilotos-Posición en la Parrilla de Salida (n: 60).

A

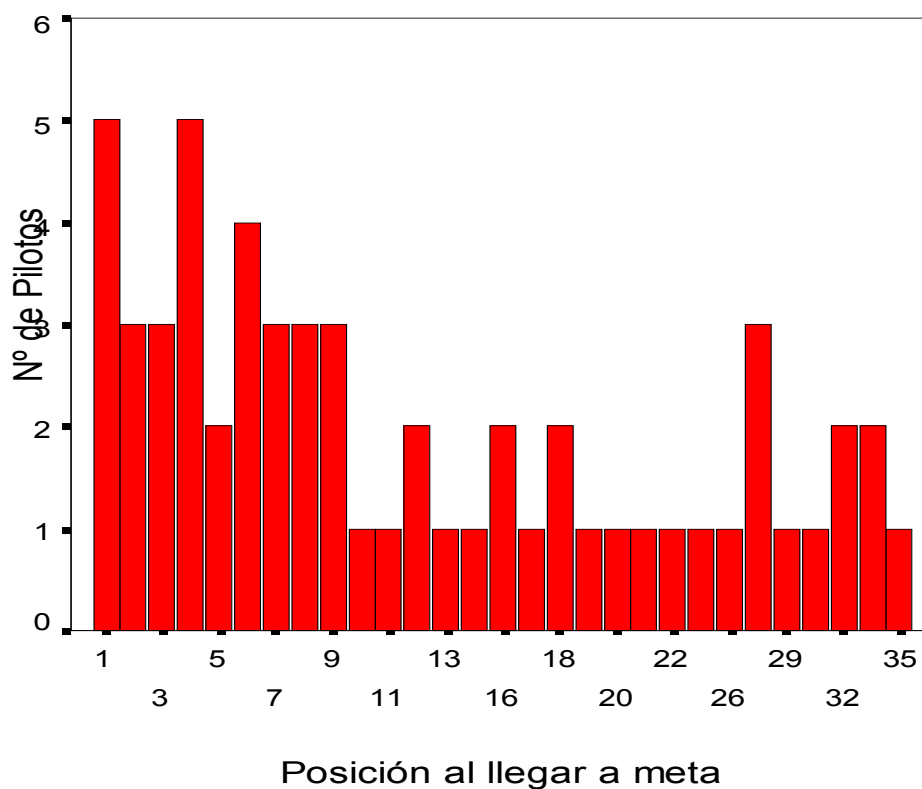


B

A: *Número de Pilotos.*

B: *Posición en la parrilla de salida.*

En la figura-3 observamos que la ubicación promedio de llegada a meta de los pilotos es N° 12,78; destacando que solo se produjo en promedio un adelanto de 1,4 posiciones/pilotos durante las carreras. El 55,2% de los pilotos llegaron entre las 10 primeras posiciones y el 19% termino en puestos de podio.

Figura-3. Número de pilotos-Posición en la llegada a meta (n: 60).**A****B****A:** *Número de Pilotos.***B:** *Posición en la llegada a meta.*

En este estudio se ha demostrado la existencia de una *correlación directa y significativa* ($p < 0,05$) aunque no significativa ($p < 0,001$) entre la **Posición de largada** de los pilotos y la **FC media** alcanzada por los pilotos, aunque no se encontró correlación con la **FC máxima**. Ver Tabla-5

Tabla-5. Correlación entre FC (media y máxima) y posición de largada.

		FC media	FC máxima
Posición en la largada	Correlación de Pearson	0,312(*)	-0,175
	Sig. (bilateral)	0,017	0,189

* La correlación es significativa al nivel 0.05 (bilateral).

En cuanto a las variaciones entre la FC y la *Posición de Llegada a meta* se ha observado la existencia de una *correlación directa y significativa* ($p < 0,001$) con la FC media. Al igual que lo observado con las posiciones de largada, no se ha evidenciado una relación con la FC máxima (ver- Tabla-6).

Tabla-6. Correlación entre FC (media y máxima) y posición de llegada a meta.

		FC media	FC máxima
Posición al finalizar la carrera	Correlación de Pearson	0,483(**)	0,208
	Sig. (bilateral)	0,000	0,116

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Tampoco se ha encontrado una correlación significativa entre la *Latencia en taquicardia* y las posiciones de largada y llegada a meta. Ver Tabla-18.

OBJETIVO N° 4: **Valorar presencia de una correlación entre FC y las Variaciones de Posición de los coches durante la carrera.**

Según los datos obtenidos, no se ha podido comprobar la existencia de una correlación significativa entre la FC y las variaciones de posición (adelantos y retrasos) durante las carreras (ver Tabla-7).

Tabla-7. Correlación entre FC y variaciones de la posición de los coches durante la carrera.

		FC media	FC máxima
Puestos Adelantados	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	0,063	-0,022
		0,636	0,872

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

OBJETIVO N° 5: Valorar presencia de Arritmias Ventriculares o Supraventriculares durante las carreras.

Tal como se mencionó en la Tabla-2, solo se objetivo en este estudio un bajo número de extrasístoles supraventriculares y ventriculares al momento de la competición (promedio de 2,4 EEVV y 2,1 EESS por carrera). Como excepción se menciona el caso aislado de dos pilotos que presentaron extrasistolia abundante. El primero se trató de un piloto de 32 años sin antecedentes patológicos en el que se detectó la presencia de 5 racha cortas y autolimitadas de extrasistolia supraventricular (la mayor de 40 latidos y 21 segundos de duración). El segundo caso fue un piloto de 41 años, con antecedente de hipercolesterolemia tratada con estatinas, en el que se objetivaron 613 extrasístoles ventriculares, sin presencia de extrasístoles agrupadas ni arritmias sostenidas.

Ninguno de los dos pilotos refirió sintomatología específica (mareos, palpitaciones ni dolor torácico) al ser re-interrogados al finalizar la carrera.

A ambos se le sugirió completar una valoración cardiológica previo posteriores competiciones y los datos de sus correspondientes registros fueron excluidos de este estudio.

Como datos complementarios respecto al estudio se las arritmias se menciona que en este estudio no se detectó una correlación significativa entre la Edad, la FC (medias y máximas) de los pilotos y un incremento en la aparición de extrasístoles ventriculares (EEVV). Aunque si se detecto una ligera

tendencia a aumentar en número de supraventriculares (EESS) medida que aumenta la FC máxima, con significación estadística (P: 0.028) (Ver Tabla-8).

Tabla-8. Correlación entre presencia de extrasístoles y variaciones de la posición de los coches durante la carrera.

		Edad	Latencia en taquicardia	FC media	FC máxima
EEVV	Correlación de Pearson	0,077	0,020	-0,093	0,089
	Sig. (bilateral)	0,567	0,828	,488	0,504
EES	Correlación de Pearson	0,141	0,007	-0,095	0,292
	Sig. (bilateral)	0,158	0,213	0,216	0,028

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Análisis estadístico

Se utilizaron métodos estadísticos descriptivos (medias, desviación estándar y porcentajes). También se utilizó la fórmula de *Correlaciones Bivariadas* para la comparación de datos cuantitativos. Se consideró como significativo un valor de $p < 0,05$. Se empleó el paquete estadístico SPSS 11,5.

DISCUSIÓN

DISCUSIÓN

La poca información que se tiene en sobre el estado cardiovascular de los pilotos en el momento de una competición automovilística, es debido probablemente a la dificultad para acceder a esta población estudiada, o la falsa creencia que no existen riesgos cardiovasculares en este tipo de deporte porque no se despliega una actividad física importante, motivo por el cual existe una escasez de estudio al respecto, no pudiendo clasificar a este deporte de una manera clara y fehaciente en comparación con otros deportes mas masificados.

Si nos guiamos por la clasificación de los deportes propuesta por Mitchell en 1994, la cual se basa solo en la actividad muscular, veremos que el automovilismo es catalogado como un deporte de carga muscular dinámica baja (determinada por los desplazamientos musculares), con una carga muscular estática (determinada por las posturas musculares) media y se lo agrupa junto a otros deportes como la equitación, el buceo o el arquerismo que tienen muy poca repercusión sobre el nivel de estrés sufrido por los pilotos. (ver Tabla 21).

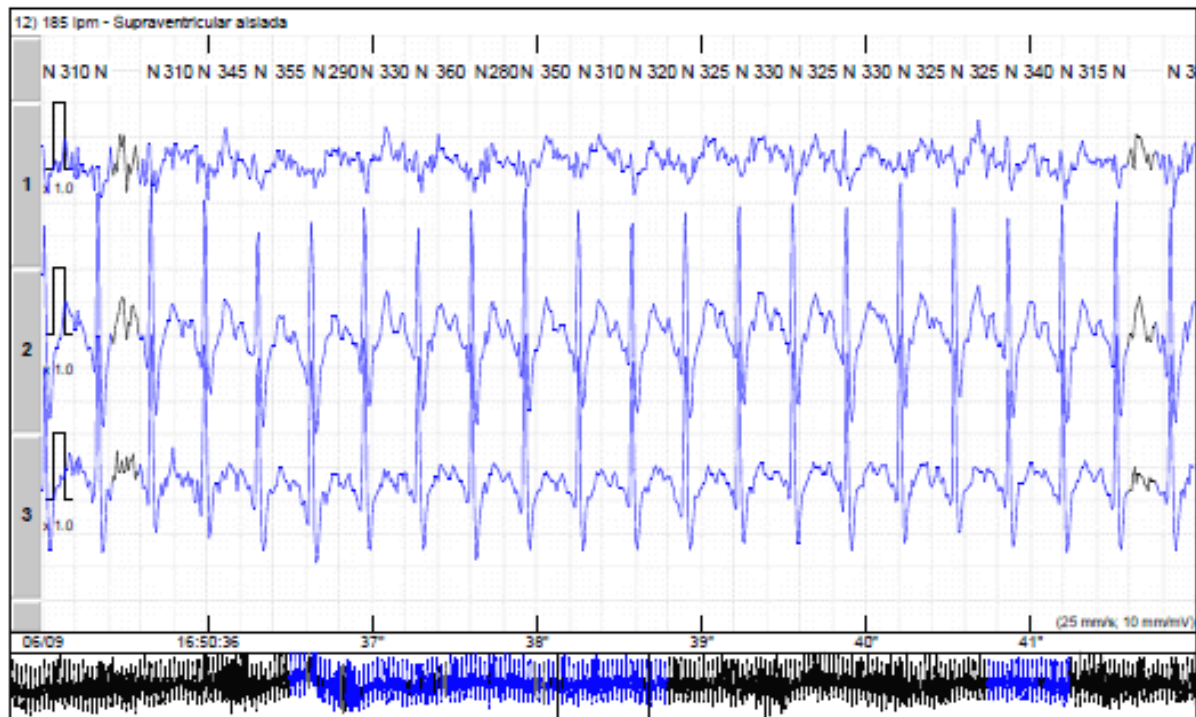
Aunque algunas publicaciones (49-52) realizadas en los años 90 sitúan al automovilismo como un deporte con un despliegue físico importante, considerando que el automovilismo es un deporte motor, en el cual el piloto desarrolla una actividad física y muscular de difícil clasificación en relación a otros deportes, que en el caso de Mitchell (53) lo clasifica como un deporte de escasa actividad muscular mientras que en el caso de autores como C. Dickey (49), o P. Jacobs (51,52) sitúan al automovilismo como un deporte de intensa actividad muscular fundamentalmente de la cintura escapular.

Tabla-9: Clasificación de los Deportes según la intensidad de los componentes estáticos y dinámicos durante la competición. (53)

	A. Esfuerzo dinámico bajo	B. Esfuerzo dinámico moderado	C. Esfuerzo dinámico alto
1. Esfuerzo estático bajo	Golf Tiro Billar Bowling	Tenis de mesa Tenis dobles Béisbol Softbol	Esquí de fondo Hockey sobre césped Marcha Pelota a paleta Fútbol Tenis Carrera de fondo
2. Esfuerzo estático moderado	Arquería Automovilismo Saltos ornamentales Equitación Motociclismo	Esgrima Salto Patinaje artístico Rugby Carrera velocidad Surf	Basquetbol Hockey sobre hielo Carrera media distancia Natación Handbol
3. Esfuerzo estático alto	Gimnasia Artes marciales Navegación a vela Andinismo Esquí acuático Levantamiento de pesas Windsurf	Fisicoculturismo Esquí de velocidad Lucha	Boxeo Remo Ciclismo Triatlón Patinaje de velocidad

En nuestro estudio, la utilización del registro Holter en pilotos amateurs y semi-profesionales durante el momento de la competición, nos ha permitido obtener, de manera no invasiva, datos de gran utilidad sobre de la frecuencia cardiaca, así como sus variaciones al momento de la competición, comprobando de esta manera que la FC media durante el momento de la carrera es de 119 lpm (63% de la FCMT para la edad promedio) o que las FC máximos alcanzan un valor medio de 177 lpm (96%de la FCMT para la edad promedio). Ver figura-4.

Figura-4: Ejemplo de la FC máxima (185 lpm) alcanzada por uno de los pilotos al momento de la carrera.



Además debemos remarcar que los valores de FC máxima obtenidos en este trabajo son mayores a los reportados en otros estudios (51,52, 54, 55) en el que se publican valores de FC máximas entre el 74% hasta en 93% de la FCMT, aunque todos son trabajos realizados sobre un bajo número de pilotos de karting y rally. Estos hallazgos sugieren fuertemente que los pilotos exponen a su *sistema cardiovascular* a un esfuerzo importante durante las carreras.

Se sabe que la FC máxima disminuye con la edad (11). En este estudio, al igual que lo descrito en 1971 por Fox y Haskell a través de la conocida formula de FC máxima es igual a 220 menos la edad (56), también hemos podido comprobar que existe una correlación significativa inversa entre el incremento de la edad y la FC máxima alcanzada por los pilotos, lo novedoso de este trabajo fue detectar que este fenómeno de la FC se hace más notorio a partir de los 45 años.

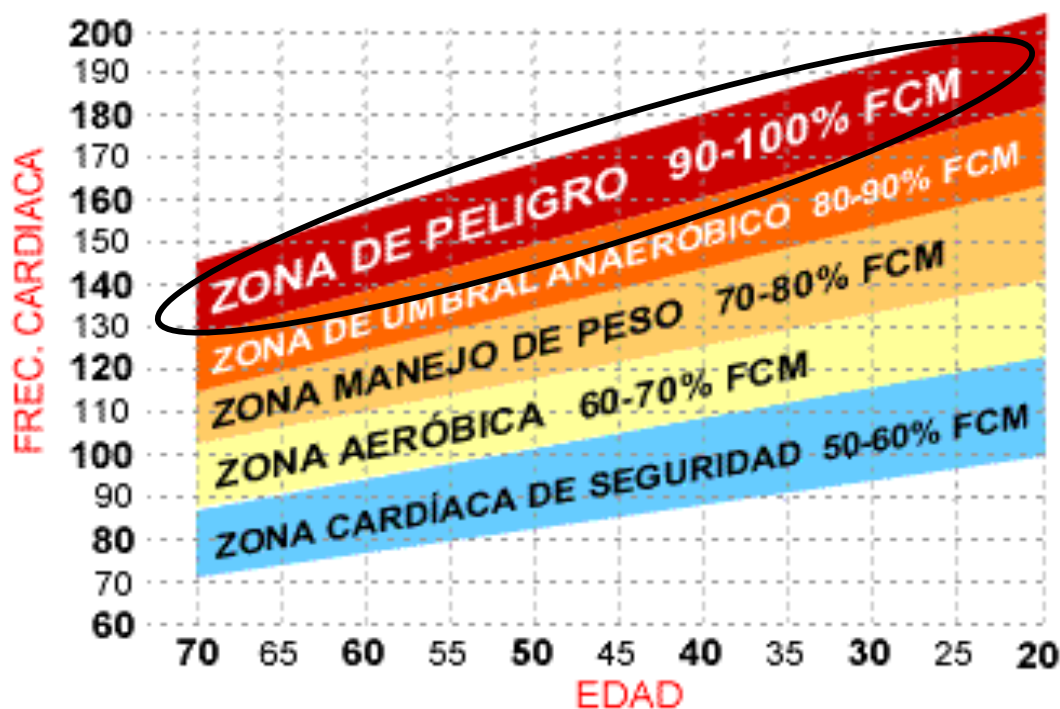
Por otra parte, a diferencia de lo que ocurre con muchos otros deportes y probablemente debido a la dificultad que implica estudiar a este tipo de deportistas en momentos de actividad, no existe en la literatura actual referencias bibliográficas precisas respecto a las FC que alcanzan los pilotos de automovilismo al momento de las carreras. Uno de los datos más reveladores que aportan estas tablas son los elevados valores de las FC máximas en la alcanzadas por la mayoría de los pilotos. Las mismas son comparables con las FC alcanzadas por deportistas de alto nivel de rendimiento (**zona de alta intensidad**) según la tabla diseñada para corredores de maratón por la para Universidad de California, para valorar la importancia de la FC máxima durante la actividad deportiva. Ver tabla-10 y 11. Estos hallazgos apoyan las conclusiones de Dickey y Jacobs (49,51,52) quienes postulan que los pilotos de automovilismo desarrollan una actividad física similar a los futbolistas, basquetbolistas o beisbolistas y nos permite concluir con certeza que el automovilismo es un deporte de **alto impacto cardiovascular**.

Tabla-10: Zonas de Entrenamiento en función de la FC máxima (57).

ZONAS	INTENISDAD	DENOMINACIÓN	RECOMENDADO
Zona 5	90 – 100% FCM	<u>Zona de Alta Intensidad</u>	Deportista Controlado
Zona 4	80 – 90% FCM	Zona de Umbral Anaeróbico	Deportista Alto Nivel
Zona 3	70 – 80% FCM	Zona de Mejora de la Capacidad Aeróbica	Buena Condición Física
Zona 2	60 – 70% FCM	Zona de Manejo de Peso	Población General
Zona 1	50 – 60% FCM	Zona de Recuperación o Regeneración	Muy desentrenado

Zonas de Entrenamiento en Hombres (FCM = 220 – Edad)													
% FCM / Edad	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
100% FCM	200	195	190	185	180	175	170	165	160	155	150	145	140
95% FCM	190	185	181	176	171	166	162	157	152	147	143	138	133
90% FCM	180	175	171	166	161	156	152	147	142	137	133	128	123
85% FCM	170	166	162	157	153	149	145	140	136	132	128	123	119
80% FCM	160	156	152	147	143	139	135	130	126	122	118	113	109
75% FCM	150	146	143	139	135	131	128	124	120	116	113	109	105
70% FCM	140	137	133	130	126	123	119	116	112	109	105	102	98
65% FCM	130	127	124	120	117	114	111	107	104	101	98	94	91
60% FCM	120	117	114	111	108	105	102	99	96	93	90	87	84
50% FCM	100	98	95	93	90	88	85	83	80	78	75	73	70

Tabla-11: Clasificación de las 5 zonas de entrenamiento en base a la intensidad de la FC alcanzada (58).



Por otra parte, los datos obtenidos en este estudio respecto a las elevadas FC máximas alcanzadas durante el momento de las carreras y durante un prolongado tiempo (un promedio de 73,34% del tiempo latiendo en taquicardia) plantean nuevamente el dilema de si las FC elevadas son debidas a la *actividad física* desarrolladas por los pilotos o al *estrés* que conlleva la conducción en este tipo de carreras.

Para responder a esta interrogante planteada por diferentes autores (53,55,56) en este trabajo se estudio el comportamiento de la FC en relación a las posiciones de largada y de llegada a meta. Se observo la existencia de una correlación directa y casi significativa ($P: 0,017$), entre la *posición en la parrilla de salida* y la *FC media* lo que significa que mientras más adelantados parten los pilotos, mayor es el tiempo que su corazón late en taquicardia. Teniendo en cuenta que al momento de la largada los pilotos no realizan una actividad

deben a variaciones del sistema nervioso autónomo secundarias al estrés previo al inicio de la carrera. También se comprobó la presencia de una relación directa y significativa ($P < 0,001$) entre los valores de *FC media* alcanzados y la proximidad a los *puestos de vanguardia*. Sabiendo que todos los pilotos recorren el mismo circuito durante la competición, esto hace suponer que la realización de una actividad muscular desarrollada durante la carrera es similar en los pilotos y por lo tanto permite concluir que las mayores frecuencias detectadas son de aquellos pilotos que luchan por los puestos de vanguardia, nuevamente sugiriendo que el estrés sufrido por los pilotos tiene una marcada influencia sobre las FC detectadas en los pilotos.

Por otra parte, sabiendo del importante *estrés cardiovascular* al que se someten los pilotos asociado al hecho de las descripciones cada vez más frecuente e impactantes de casos de muerte súbita en deportistas, la mayoría de ellas debido a arritmias secundarias a coronariopatías o cardiopatías no conocidas hasta ese momento por el deportista (la mayoría de ellas no se detectan hasta la necropsia) y teniendo en cuenta además que existe abundante evidencia (59-69) que demuestra que la *FC es un factor de riesgo CV independiente* para mortalidad global y cardiovascular, otro de los objetivos de este estudio fue valorar la presencia de arritmias potencialmente graves en los pilotos, teniendo en cuenta la eventual catástrofe que implicaría un síncope al momento de la conducción, tanto para el piloto, como para los otros competidores y el público. Pese a que los datos aportados por los registros solo muestran un pequeño número de extrasístoles (promedio de 2,4 EEVV y 2,1 EESS por piloto y por carrera), en este estudio se detectó una relación significativa entre la FC máxima y el N° de EESS, lo que también permite suponer que son un marcador del estrés sufrido por los pilotos. Cabe mencionar la presencia en este estudio de 2 casos aislados con abundante extrasístoles, uno supraventriculares (114 EESS) y el otro ventriculares (613 EEVV), que fueron eliminados de la muestra y se les sugirió ampliar valoración cardiológica, siguiendo el esquema que se sugiere más adelante en este texto.

Por lo que a través de los datos aportados por este estudio en el que se concluye que los pilotos de automovilismo se encuentran sometidos a un importante estrés cardiovascular manifestado en parte en las elevadas FC que

alcanzan al momento de las carreras y en menor medida al número de EESS que presentan durante la carrera.

Teniendo en cuenta que todos los participantes de este estudio son pilotos amateurs o semi-profesionales y no cuentan con una preparación física regular ni reglada y que el 47,4% de la muestra de pilotos eran mayores de 40 años, se sugiere la realización de un control cardiovascular basado en la realización de una breve Historia Clínica y Exploración Cardiológica y haciendo especial hincapié en la realización de una Prueba de Esfuerzo, procedimiento idónea para representar la situación de estrés cardiovascular al poder reproducir las FC alcanzadas en carrera, previo a la realización de esta actividad deportiva.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

1-En este trabajo destacan las FC máximas muy elevadas alcanzadas por los pilotos, con promedio del 96% de la FCMT para la edad, las cuales se deben en parte a la actividad física desarrollada por los paciente pero sobre todo al estrés que sufren los mismos durante las carreras, lo que sugiere que el automovilismo es un deporte de **alto impacto cardiovascular**, dato que no aparece registrado en ninguna publicación.

2-Se demuestra la existencia de una relación inversamente proporcional entre las FC máximas y la edad de los pilotos, la cual se hace significativa a partir de los 45 años.

3-Se demuestra que la taquicardización alcanzada por los pilotos es mayor mientras más adelante de la parrilla largan y sobre todo mientras más cerca del podio llegan a la meta. Esto permite confirmar la directa relación entre la FC y el elevado nivel de estrés que sufren estos deportistas.

4-Pese a las elevadas FC y nivel de estrés observadas en este estudio, solo se observa una baja densidad de EESS y EEVV, sin presencia de taquicardias sostenidas. El hallazgo de una discreta relación entre la FC y las EESS permite suponer que estas podrían ser otro marcador del *Nivel de Estrés*.

5- Según los resultados obtenidos, se sugiere complementar la evaluación de estos deportistas con la realización de otros estudios complementarios diagnósticos, independientemente de la edad del piloto.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFIA

- 1- Araceli Boraita: Muerte súbita y deporte. ¿Hay alguna manera de prevenirla en los deportistas?. *Rev Esp Cardiol*. 2002;55:333-6.
- 2- *Maron BJ, Shirani J, Poliac LC, Mathenge R, Roberts WC, Mueller FO*. Sudden death in young competitive athletes. Clinical, demographic and pathological profiles. *JAMA* 1996;276:199-204.
- 3- *Thiene G, Basso C, Corrado D*. Is prevention of sudden death in young athletes feasible? *Cardiología* 1999;44:497-505.
- 4- *Basso C, Corrado D, Thiene G*. Cardiovascular causes of sudden death in young individuals including athletes. *Cardiol Rev* 1999;7:127-35.
- 5- *Suárez-Mier MP y Aguilera B*. Causas de muerte súbita asociada al deporte en España. *Rev Esp Cardiol* 2002;55:347-58.
- 6- *Boraita A, Baño A, Berrazueta JR, Lamiel R, Luengo E, Manonelles P, et al*. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología sobre la actividad física en el cardiópata. *Rev Esp Cardiol* 2000;53:684-726.
- 7- Caspersen CJ, Powel KE, Christenson GM. Physical activity, exercise and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep*. 1985;100:126-311.
- 8- U.S. Department of Health and Human Services. Physical activity and health: A report of the Surgeon General. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion; 1996.
- 9- Vogel CU, Wolpert C y Wehling M. 2004. How to measure heart rate? *European Journal of Clinical Pharmacology* 60: 461–466.
- 10- Fox SM, Naughton JP, Haskell WL. 1971. Physical activity and the prevention of coronary heart disease. *Annals of Clinical Research* 3: 404-432.

- 11-Tanaka H, Monahan KD y Seals DR. 2001. Age-predicted Maximal Heart Rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology* 37 (1): 153-156.
- 12-Tanaka, H., Monahan, K.D., & Seals, D.R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, 37, 153-156.
- 13-Gellish, R.L., Goslin, B.R., Olson, R.E., McDonald, A., Russi, G.D., & Moudgil, V.K. (2007). Longitudinal modeling of the relationship between age and maximal heart rate. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39, 822-829.
- 14-Pedro Ángel López Miñarro en su libro *Mitos y falsas creencias en la práctica deportiva* Editores: INDE Publicaciones, Año de publicación: 2002, País: España, Idioma: Español, ISBN: 84-9729-015-1.
- 15-Siscovick DS, Weiss NS, Fletcher RH, Lasky T. The incidence of primary cardiac arrest during vigorous exercise. *N Engl J Med* 1984; 311: 874-877.
- 16-Astrand, Per-Olof y Kaar Rodahl. *Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise*. 3ra. ed.; New York: McGraw-Hill Book Company, 1986. págs. 605-610.
- 17-Brooks, George A. y Thomas D. Fahey. *Fundamentals of Human Performance*. New York: Macmillan Publishing Company, 1987. Págs. 265-281.
- 18-De Vries, Herbert A. *Physiology of Exercise: for Physical Education and Athletics*. 4ta. ed.; Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown Publishers, 1986. págs. 508 - 523.
- 19-Fox, Edward L., Richard W. Bowers y Merle L. Foss. *The Physiological Basis of Exercise Physiology and Sport*. 5ta. ed.; Madison, Wisconsin: Wm C. Brown Communications, Inc, 1993. Págs. 472-509.
- 20-Wilmore. Jack H. y David Costill. *Training for Sport and Activity*. 3ra. ed.; Madison, WI: Wm. C. Brown Publishers, 1988. págs. 185-191.
- 21-Boraita A. Arritmias cardíacas y su implicación con la actividad física. En: Ferrer López V, Martínez Ríaza L, Santoja Medina F. *Medicina y deporte*. España: Editorial Escolar; 1996. p.09-13.

- 22-Whyte GP, George K, Sharma S, Lumley S, Gates P, Prasad K, et al. Cardiac fatigue following prolonged endurance exercise of differing distances. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1067-72.
- 23-Zehender M, Meinertz T, Keul J, Just H. ECG variants and cardiac arrhythmias in athletes: clinical relevance and prognostic importance. *Am Heart J* 1990;119:1378-91.
- 24-Viitasalo M, Kala R, Eisalo A. Ambulatory electrocardiographic recording in endurance athletes. *Br Heart J* 1982; 47: 213-220.
- 25-Zehender M, Meinertz T, Keul J, Just H. ECG variants and cardiac arrhythmias in athletes: clinical relevance and prognostic importance. *Am Heart J* 1990; 119: 1.378-1.391.
- 26-Chamoux A. Extra-systolie ventriculaire et decision d'aptitude. *Medicine du Sport* 1983; 57: 352-357.
- 27-Palatini P, Maraglino G, Sperti G, Calzavara A, Libardoni M, Pessina AC et al. Prevalence and possible mechanisms of ventricular arrhythmias in athletes. *Am Heart J* 1985; 110: 560-567.
- 28-Talan DA, Bauernfeind RA, Ashley WW, Kanakis Ch, Rosen KM. Twenty-four hour continuous ECG recordings in long-distance runners. *Chest* 1982; 82: 19-24.
- 29-Viitasalo M, Kala R, Eisalo A. Ambulatory electrocardiographic recording in endurance athletes. *Br Heart J* 1982; 47: 213-220.
- 30-Brodsky M, Wu D, Denes P, Kanakis Ch, Rosen KM. Arrhythmias documented by 24 hour continuous electrocardiographic monitoring in 50 male medical students without apparent heart disease. *Am J Cardiol* 1977; 39: 390-395.
- 31-Sobotka PA, Mayer JH, Bauernfeind RA, Kanakis Ch, Rosen KM. Arrhythmias documented by 24-hour continuous in young women without apparent heart disease. *Am Heart J* 1981; 101: 753-759.
- 32-Thompson PD, Franklin BA, Balady GJ, Blair SN, Corrado D, Estes NA 3rd, et al. Exercise and acute cardiovascular events placing the risks into perspective: a scientific statement from the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism and the Council on Clinical Cardiology. *Circulation*. 2007;115:2358-68.

- 33-Albert CM, Mittleman MA, Chae CU, Lee IM, Hennekens CH, Manson JE. Triggering of sudden death from cardiac causes by vigorous exertion. *N Engl J Med*. 2000;343:1355-61.
- 34-Whang W, Manson JE, Hu FB, Chae CU, Rexrode KM, Willett WC. et al. Physical exertion, exercise, and sudden cardiac death in women. *JAMA*. 2006;295:1399-403.
- 35-Thompson PD, Franklin BA, Balady GJ, Blair SN, Corrado D, Estes NA 3rd, et al. Exercise and acute cardiovascular events placing the risks into perspective: a scientific statement from the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism and the Council on Clinical Cardiology. *Circulation*. 2007;115:2358-68.
- 36-Willich SN, Lewis M, Löwel H, Arntz HR, Schubert F, Schroder R. Physical exertion as a trigger of acute myocardial infarction. *N Engl J Med*. 1993;329:1684-90.
- 37-Giri S, Thompson PD, Kiernan FJ, Clive J, Fram DB, Mitchel JF, et al. Clinical and angiographic characteristics of exertion-related acute myocardial infarction. *JAMA*. 1999;282:1731-6.
- 38-Suárez-Mier MP y Aguilera B. Causas de muerte súbita asociada al deporte en España. *Rev Esp Cardiol* 2002;55:347-58.
- 39-MacAuley D. Does preseason screening for cardiac disease really work?: the British perspective. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:S345-S50.
- 40-Jensen-Urstad M. Sudden death and physical activity in athletes and nonathletes. *Scand J Med Sci Sports* 1995;5:279-84.
- 41-Weslen L, Pahlson C, Lindquist O. An increase in sudden unexpected cardiac deaths among young Swedish orienteers during 1979-92. *Eur Heart J* 1996;17:902-10.
- 42-Maron BJ. Scope of the problem of sudden death in athletes: definitions, epidemiology and socio-economic implications. En: Bayes de Luna A, Furlanello F, Maron BJ, Zipes DP, editors. *Arrhythmias and sudden death in athletes*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000: p. 1-10.
- 43-Giri S, Thompson PD, Kiernan FJ, Clive J, Fram DB, Mitchel JF, et al. Clinical and angiographic characteristics of exertion-related acute

- 44-Bjerregaard P. El ritmo cardíaco en la población normal. Variaciones en el ritmo y la frecuencia cardíacos en el Holter de 24 horas en la población normal de diversas edades. En: Cosín J, Bayés de Luna A, García Civera R, Cabadés A, editores. Diagnóstico y tratamiento de las arritmias cardíacas. Barcelona: Doyma S.A., 1988; 213-229.
- 45-Brodsky M, Wu D, Denes P, Kanakis Ch, Rosen KM. Arrhythmias documented by 24 hour continuous electrocardiographic monitoring in 50 male medical students without apparent Heart disease. Am J Cardiol 1977; 39: 390-395.
- 46-Viitasalo M, Kala R, Eisalo A. Ambulatory electrocardiographic recording in endurance athletes. Br Heart J 1982; 47: 213-220.
- 47-Boraita A, Serratosa L, Antón P, García MT, Rubio S. Las arritmias en el deportista. Rev Lat Cardiol 1996; 17: 124-131.
- 48-Pantano JA, Oriel RJ. Prevalence and nature of cardiac arrhythmias in apparently normal well trained runners. Am Heart J 1982; 104: 762-768.
- 49-Dickey, C. & Gavin, J. 2002. Racecar drivers' physical demands comparable to elite athletes. American College of Sports Medicine.
- 50-Backman, J., Kyröläinen, H., Ylinen, J. Häkkinen, A., Häkkinen, K. 2005. Force production characteristics of open-wheel and rally drivers. The Journal of Strength and Conditioning Research, 19(4); 777-84.
- 51-Jacobs, P.L, Olvey, S.E. 2000. Metabolic and heart rate responses to open-wheel automobile road racing: a single-subject study. Journal of Strength and Conditioning Research, 14; 157 – 161.
- 52-Jacobs, P.L., Olvey, S., E., Johnson, B.M. & Cohn, K.A. 2002. Physiological responses to high-speed open-wheel racecar driving. Medicine and Science in Sports and Exercise, 34; 2085 – 2090.
- 53-Mitchell JH, Haskell WL, Raven PB. Classification of Sports. J Am Coll Cardiol 1994; 24: 864-866.
- 54-Lighthall, J.W., Pierce, J., Olvey, S.E. 1994. A physiological profile of high performance race car drivers. In Motorsport Engineering Conference Proceedings 1: Vehicle Design Issues, 55 – 63.

- 55-Jani Backman. "ACUTE NEUROMUSCULAR RESPONSES TO CAR RACING".VTEProGradu.https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/12567/URN_NBN_fi_jyu-2005484.pdf?sequence=1.
- 56-Ricard, R. M,Leger, L. and Massicotte, D. Validity of the "220 – age formula" to predict maximal heart rate.Med Sci Sport Exerc 1990; 22 (2): Supplement S 96 (Abstract 575).
- 57-"Fisiología del Ejercicio"; J. López Chicharro, A. Fernández Vaquero; Edit. Panamericana; 2001.
- 58-Enciclopedia general del ejercicio". Michael J. Alter, Roger Apolinaire y otros; Editorial Paidotribo. 1990.
- 59-Levy RL, White PD, Strod WE, et al. Transient tachycardia: prog- nostic significance alone and in association with transient hyper- tension. JAMA. 1945;129:585-8.
- 60-Dyer AR, Persky V, Stamler J, Paul O, Shekelle RB, Berkson DM, et al. Heart rate as a prognostic factor for coronary heart disease and mortality: findings in three Chicago epidemiologic studies. Am J Epidemiol. 1980;112:736-49.
- 61-Kannel WB, Wilson P, Blair SN. Epidemiological assessment of the role of physical activity and fitness in development of cardiovas- cular disease. Am Heart J. 1985;109:876-85.
- 62-Gillum RF. The epidemiology of resting heart rate in a national sample of men and women: associations with hypertension, coro- nary heart disease, blood pressure, and other cardiovascular risk factors. Am Heart J. 1988;116:163-74.
- 63-Gillman MW , Kannel WB, Belanger A, D' Agostino RB. Influence of heart rate on mortality among persons with hypertension: the Framingham Study. Am Heart J. 1993;125:1148-54.
- 64-Palatini P, Casiglia E, Julius S, Pessina AC. High heart rate: a risk factor for cardiovascular death in elderly men. Arch Intern Med. 1999;159:585-92.
- 65-Benetos A, Rudnichi A, Thomas F, Safar M, Guize L. Influence of heart rate on mortality in a French population: role of age, gender, and blood pressure. Hypertension. 1999;33:44-52.

- 66-Kristal-Boneh E, Silber H, Harari G, Froom P. The association of resting heart rate with cardiovascular, cancer and all-cause mortality. Eight year follow-up of 3527 male Israeli employees (the COR- DIS Study). *Eur Heart J*. 2000;21:116-24.
- 67-Menotti A, Mulder I, Nissinen A, Feskens E, Giampaoli S, Tervahauta M, et al. Cardiovascular risk factors and 10-year allcause mortality in elderly European male populations; the FINE study. Finland, Italy, Netherlands, Elderly. *Eur Heart J*. 2001;22:573-9.
- 68-Benetos A, Thomas F, Bean K, Albaladejo P, Palatini P, Guize L. Resting heart rate in older people: a predictor of survival to age 85. *J Am Geriatr Soc*. 2003;51:284-5.
- 69-Thomas F, Bean K, Provost JC, Guize L, Benetos A. Combined effects of heart rate and pulse pressure on cardiovascular mortality according to age. *J Hypertens*. 2001;19:863-9.