



Universidad
Zaragoza



Máster Universitario en
Evaluación y Entrenamiento
Físico para la Salud
Universidad Zaragoza

*VARIABILIDAD DE LA
FRECUENCIA CARDIACA,
CONSUMO MÁXIMO DE
OXÍGENO Y UMBRAL
ANAERÓBICO*

*HEART RATE VARIABILITY,
MAXIMAL OXYGEN UPTAKE AND
ANAEROBIC THRESHOLD*

Autor

José Luis Pérez Lasierra

Directores

José Antonio Casajús Mallén

Nuria Garatachea Vallejo

Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte

04/07/2017

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	3
2. LISTADO DE ABREVIATURAS	5
3. CONTENIDO DE LA MEMORIA	6
3.1. INTRODUCCIÓN.....	6
3.2. HIPÓTESIS	8
3.3. OBJETIVO.....	9
3.4. MATERIAL Y MÉTODOS	9
3.4.1. SUJETOS	9
3.4.2. PROTOCOLO	9
3.4.2.1. INDICADORES DE HRV	9
3.4.2.2. PRUEBA DE ESFUERZO MÁXIMA	11
3.4.2.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	11
3.5. RESULTADOS	12
3.5.1. VO_{2max}	12
3.5.2. FC al UAn	13
3.6. DISCUSIÓN	14
3.7. POSIBLES APLICACIONES PRÁCTICAS	16
4. LIMITACIONES DEL ESTUDIO	18
5. CONCLUSIONES.....	19
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
7. ANEXOS	24

1. RESUMEN / ABSTRACT

El VO_{2max} y el Umbral anaeróbico (UAn) son dos parámetros ampliamente conocidos y utilizados en el ámbito del ejercicio físico ya sea desde un enfoque posicionado en el rendimiento deportivo o en la salud, pero para conocerlos de forma objetiva son necesarias técnicas complejas y caras. Por otro lado la variabilidad de la frecuencia cardiaca (HRV) representada por diversos indicadores, es un método fácil y barato de valorar la actividad simpática y parasimpática de nuestro sistema nervioso autónomo (SNA), encargado de controlar entre otras variables la frecuencia cardiaca (FC).

De ese modo nuestro objetivo es llegar a estimar tanto el VO_{2max} como la FC al UAn a partir de modelos matemáticos que incluyan parámetros de HRV.

Para nuestro estudio hemos utilizado 25 sujetos, todos varones entrenados, a los que hemos evaluado el VO_{2max} y la FC al UAn mediante una prueba de esfuerzo máxima en tapiz rodante con analizador de gases, y la HRV mediante un análisis espectrográfico de un registro de FC realizado en una fase de reposo de 5 min con un pulsómetro comercial.

Los resultados obtenidos muestran como es posible estimar la FC al UAn a partir de la HRV mediante un modelo matemático que explica un 69,6% ($p < 0,05$) de la variabilidad, pero no es posible estimar el VO_{2max} ya que el modelo matemático resultante no es significativo estadísticamente ($p > 0,05$).

Los posibles resultados podrían tener innumerables e innovadoras aplicaciones prácticas, pero somos conscientes de que en este caso están sujetos a ciertos sesgos y limitaciones que sin duda se deberán resolver en futuras investigaciones antes de poder utilizar dichos resultados en una aplicación real.

Palabras clave: Consumo máximo de oxígeno, umbral anaeróbico, variabilidad de la frecuencia cardiaca y sistema nervioso autónomo.

The VO_{2max} and the Anaerobic Threshold (UAN) are two parameters widely known and used in the field of physical exercise either from a focus on sports performance or health, but to know them objectively complex and expensive techniques are required. Heart Rate Variability (HRV), represented by several indicators, is an easy and inexpensive method to assess the sympathetic and parasympathetic activity of our autonomic nervous system (SNA), which is responsible for controlling variables like heart rate (FC).

The aim of this study is to estimate the VO_{2max} and the FC at UAN from mathematical models that include HRV parameters.

In our study we used 25 subjects, all trained men. To assess VO_{2max} and FC at UAN we used a maximum stress test on treadmill with gas analyzer, and for assess HRV we used a spectrographic analysis of a FC record in a resting phase of 5 minutes with a commercial heart rate monitor.

The results show that it's possible to estimate the FC at UAN from the HRV using a mathematical model that explains 69.6% ($p < 0.05$) of the variability, but it is not possible to estimate the VO_{2max} because the mathematical model resultant is not statistically significant ($p > 0.05$).

The possible results could have innumerable and innovative practical applications, but we are aware that in this case they are subject to certain bias and limitations that will have to be solved in future investigations before using those results in a real application.

Keywords: Maximal oxygen uptake, anaerobic threshold, heart rate variability and autonomic nervous system.

2. LISTADO DE ABREVIATURAS

VO_{2max}: Consumo máximo de oxígeno

UAn: Umbral anaeróbico

UA: Umbral aeróbico

HRV: Variabilidad de la frecuencia cardiaca (Heart Rate Variability)

SNA: Sistema nervioso autónomo

FC: Frecuencia cardiaca

WOS: Web Of Science

FR: Frecuencia respiratoria

AF: Actividad física

O₂: Oxígeno

FCmax: Frecuencia cardiaca máxima

IMC: Índice de masa corporal (kg/m²)

SPWVD: Distribución pseudo Wigner-Ville suavizada

HRM: Frecuencia cardiaca media

PLFad: Potencia de baja frecuencia adimensional (Low Frequency Power)

PHFad: Potencia de alta frecuencia adimensional (High Frequency Power)

PLFn: Potencia de baja frecuencia normalizada

PHFn: Potencia de alta frecuencia normalizada

LF/HF: Ratio baja frecuencia/alta frecuencia

LF: Baja frecuencia (Low Frequency)

HF: Alta frecuencia (High Frequency)

GS: Gold Standard

3. CONTENIDO DE LA MEMORIA

En primer lugar cabe destacar que antes de llevar a cabo la presente investigación se elaboró una revisión sistemática sobre la temática abordada utilizando las bases de datos electrónicas PubMed, Scopus y Web Of Science (WOS) revisando todos los artículos con fecha de publicación posterior al 01/01/2011 que cumplieron los criterios de inclusión previamente establecidos.

3.1 INTRODUCCIÓN:

El VO_{2max} se define como la cantidad máxima de oxígeno que nuestro organismo es capaz de absorber, transportar y consumir en un tiempo determinado. Además es un parámetro altamente asociado al rendimiento en múltiples deportes, sobre todo aquellos que se enmarcan en el ámbito de la resistencia (1,2), y también un componente esencial de la condición física de las personas que se relaciona con el estado de salud cardiovascular y también a nivel general (3–6).

Por otro lado el UAn es un parámetro fisiológico que se asocia a un punto crítico en la realización de esfuerzos continuos ya que marca el cambio del predominio del metabolismo del que obtenemos la energía para continuar un esfuerzo continuo y además es el punto en el que la acumulación de lactato comienza a dispararse debido a que no somos capaces de metabolizarlo a la misma velocidad que lo generamos (7). El UAn y la FC al UAn son sin duda parámetros muy útiles de conocer, dado que son de gran interés y muy utilizados a la hora de planificar entrenamientos y prescribir intensidades de trabajo tanto en ámbitos enfocados a la competición (8,9) como enfocados a la salud (9–13), y también como predictores de la salud de las personas (6,14).

La HRV, es otro parámetro fisiológico que cuantifica la variación de tiempo que se produce entre latidos (15), y sobre el que desde hace unos años se han realizado diferentes investigaciones intentando averiguar su relación con múltiples parámetros (entre ellos el sobreentrenamiento, VO_{2max} y el UAn) (16–26), dado que la HRV es una variable representativa de la actividad simpática y parasimpática de nuestro SNA que controla entre otras funciones de nuestro organismo la FC y la frecuencia respiratoria (FR) (15).

Algunas investigaciones han descubierto que aquellos sujetos que más actividad física (AF) realizan o que más entrenan en su día a día tienen una mayor HRV que el resto de la población (27), y a su vez otros muchos estudios han demostrado que las personas que más actividad física realizan o aquellos que más entrenan, tienen un mayor VO_{2max} que el resto de la población (5). A su vez estudios muestran como los valores de HRV son diferentes en función del sexo, y disminuyen con el aumento de la edad (28–30), asociando una baja HRV a un mayor riesgo de muerte por cualquier tipo de causa (15,28), aunque hay otros estudios que por el contrario indican que los factores como el sexo o la edad no afectan a la HRV (16).

Muchas investigaciones se han centrado en estudiar la relación de la HRV con el sobreentrenamiento o con el estado de recuperación de los deportistas (16,17), pero menos son las que han analizado la relación entre el VO_{2max} o el UAn y la HRV (18–26), siendo esta última temática nuestro objetivo y en la que se va a centrar el presente trabajo fin de master.

Actualmente para cuantificar de forma objetiva tanto el VO_{2max} como el UAn y la FC en la que tiene lugar este último, es necesario realizar una prueba de esfuerzo máxima con analizador de gases (10), y aunque los avances tecnológicos hayan permitido realizar este tipo de pruebas incluso en entornos no artificiales (fuera del laboratorio) (26,31), es cierto que apenas se ha reducido el coste económico de las pruebas ya sea en laboratorio o fuera de ellos, haciendo este tipo de pruebas inaccesibles para gran parte de la población y clínicas de rehabilitación cardiovascular (10).

Por lo anteriormente comentado creemos que sería de gran utilidad y aplicación en diferentes ámbitos el poder estimar de la forma más objetiva posible tanto el VO_{2max} como el UAn mediante una técnica que no fuera tan costosa a nivel económico para poder planificar intensidades de entrenamiento de forma más objetiva y personalizada, o ver mejoras en los sujetos en ambos parámetros tras un periodo de entrenamiento. Además obteniendo valores de VO_{2max} y de UAn de una forma tan sencilla podríamos tener una idea de la salud y riesgo cardiovascular del individuo, ya que altos valores de VO_{2max} han sido asociados a una mejor salud cardiovascular por multitud de investigaciones (3–6), y aunque aun es un tema controvertido, altos valores de UAn también (6,32).

A pesar de ello, debemos tener en cuenta que el objetivo que buscamos no es sustituir las actuales pruebas de esfuerzo por otras pruebas menos costosas, ya que las pruebas de esfuerzo no solo nos sirven para localizar la intensidad a la que se dan una serie de parámetros fisiológicos relacionados con la planificación del entrenamiento y con el estado

de salud (VO_{2max} , UA, UAn...) (33), sino que también tienen una función preventiva y diagnóstica (6,34), ya que vemos habitualmente entre otras cosas como se comporta el corazón del sujeto ante el esfuerzo mediante un electrocardiograma, pudiendo detectar ciertas anomalías o enfermedades cardiovasculares (6) que pueden poner en riesgo la integridad del sujeto y que de otra forma sería imposible detectar.

Podemos agrupar las recientes investigaciones que han estudiado la relación entre la HRV y el VO_{2max} en dos grupos diferenciados: aquellos que han valorado la HRV en una fase de reposo (18–21,24), y aquellos que la han valorado en una fase de esfuerzo (22,23). Ambos tipos de investigaciones han conseguido relacionar de forma significativa el VO_{2max} con alguno de los indicadores de HRV, consiguiendo una relación de ($r=0,90$; $p=0,002$) para el primer tipo de estudio (HRV en reposo) (18), y de ($r=0,64$; $p=0,002$) para el segundo tipo de estudio (HRV en esfuerzo) (23). En cuanto a la estimación del VO_{2max} mediante parámetros de HRV generando un modelo matemático, no hemos podido encontrar estudios que lo realizaran.

Por otro lado las investigaciones que han estudiado la relación entre la HRV y el UAn, han obtenido buenos resultados, encontrando asociaciones de ($r=0,91$; $p<0,001$) entre el UAn obtenido mediante análisis de gases y el UAn medido mediante HRV (26). En otros estudios hallaron una relación lineal muy fuerte ($r^2=0,896$) entre el consumo de O_2 al UAn medido mediante análisis de gases (Gold Standard), y el consumo de O_2 medido mediante HRV (35); mientras que en otro estudio con ciclistas hallaron una relación lineal muy fuerte también ($r=0,98$; $r^2=0,97$, $p<0,001$) entre la potencia desarrollada al UAn medido mediante análisis de gases, y la potencia desarrollada al UAn medido mediante HRV (25).

La novedad que supone el estudio de la relación de estas variables y la gran utilidad y aplicabilidad en el mundo del deporte y la salud de los posibles resultados obtenidos de dicho estudio son las causas que motivan la presente investigación.

3.2 HIPÓTESIS:

Nuestra hipótesis es que tanto el VO_{2max} como la FC al UAn ventilatorio están relacionados con la HRV, y podemos llegar a estimarlos de una forma fiable a partir de la HRV y sus indicadores.

3.3 OBJETIVO:

El objetivo del presente estudio es llegar a estimar de una forma fiable el VO_{2max} y la FC al UAn ventilatorio a través de los indicadores de la HRV para así poder aplicar esta técnica en diferentes circunstancias como la prescripción y planificación de entrenamientos enfocados a la salud y al rendimiento o la evaluación del riesgo cardiovascular de las personas.

3.4 MATERIAL Y MÉTODOS:

3.4.1 SUJETOS:

Para el presente estudio se ha utilizado una muestra de 25 sujetos voluntarios, todos hombres con una edad media de $33,8 \pm 5.2$ años. Sus pesos medios, alturas e índices de masa corporal (IMC) fueron $75,1 \pm 7,0$ kg, $178 \pm 5,5$ cm, y $23,7 \pm 2,1$ kg/m² respectivamente. Todos ellos eran deportistas competitivos a nivel amateur y estaban familiarizados con la carrera a pie, ya fuera porque era su ejercicio físico habitual o porque eran practicantes de triatlón. Antes de comenzar su participación en el estudio cumplieron un historial médico y leyeron y aceptaron un consentimiento informado sobre las características de las pruebas a las que se les iba a someter.

3.4.2 PROTOCOLO:

A cada uno de los sujetos se les registró en primer lugar una serie de parámetros básicos (edad, peso, altura e IMC), y posteriormente se les realizó 2 tipos de pruebas:

- Primero una toma de la FC en reposo durante 5 min para obtener los indicadores de HRV.
- Posteriormente una prueba de esfuerzo máxima con analizador de gases sobre tapiz rodante para obtener las variables fisiológicas objeto de estudio entre otras (VO_{2max} y FC al UAn).

Previamente todos los voluntarios cumplieron un consentimiento informado, y además se les solicitó que durante los días en los que debían realizar las pruebas no tomaran café ni otras sustancias estimulantes que pudieran alterar los resultados, y que tampoco hubieran realizado esfuerzos intensos ni ese mismo día ni el anterior.

3.4.2.1 INDICADORES DE HRV:

Como hemos comentado anteriormente, para obtener los indicadores de HRV se tomó la FC a cada sujeto en una fase de reposo en sedestación durante 5 min previamente a la prueba de esfuerzo utilizando un pulsómetro comercial POLAR RS800CX (Kempele, Finlandia). Posteriormente con esos registros de FC de 5 min se llevó a cabo un análisis de espectro de onda en base a los intervalos R-R (latido a latido) por un especialista en dicho campo

analizando el dominio tiempo-frecuencia mediante la distribución pseudo Wigner-Ville suavizada (SPWVD), a través de la cual se obtuvieron los siguientes indicadores de HRV:

- HRM: Frecuencia cardiaca media
- PLFad: Potencia Low Frequency adimensional (0,004-0,15 Hz)
- PHFad: Potencia High Frequency adimensional (0,15-0,4 Hz)
- PLFn: Potencia Low Frequency normalizada
- PHFn: Potencia High Frequency normalizada
- LF/HF: Ratio LF/HF
- FR: Frecuencia Respiratoria

Las variables relacionadas con la Low Frequency (LF), es decir, PLFad y PLFn, son indicadores de la activación del sistema parasimpático y simpático, mientras que las relacionadas con la High Frequency (HF), es decir, PHFad y PHFn, son indicadores solamente de la activación del sistema parasimpático. Por otro lado las potencias de LF y HF se normalizan mediante la ecuación $PLFn = PLF / (PLF + PHF) = 1 - PHFn$ para obtener así dos nuevas variables que nos indican que sistema (simpático o parasimpático) del SNA es predominante en cada momento. Por último la variable LF/HF es simplemente un ratio descrito anteriormente.

El motivo de utilizar dichos indicadores es porque son relevantes para nuestro objeto de estudio tal y como han mostrado diferentes publicaciones relacionadas con la interpretación fisiológica de la HRV y sobre su uso clínico (26,36,37), aunque como hemos podido comprobar en la literatura encontramos muchos otros indicadores de HRV que en este caso no hemos utilizado ya que no provienen de un análisis espectral de los intervalos R-R de la FC, sino de medidas estáticas o métodos geométricos (18,19,23).

El registro de FC para obtener posteriormente los datos de HRV fue de 5 min debido a que investigaciones han concluido que es un tiempo adecuado de observación para tener una aproximación de las 24h (29), y fue en reposo debido a que una posible aplicación es estimar los parámetros (VO_{2max} y FC al UAn) en pacientes convalecientes o con enfermedades cardiovasculares, donde tomar una muestra de HRV durante una fase de esfuerzo tiene más riesgos y menos sentido y aplicabilidad (6,34).

3.4.2.2 PRUEBA DE ESFUERZO MÁXIMA:

La prueba de esfuerzo máxima se llevó a cabo sobre tapiz rodante ya que todos los sujetos estaban habituados a correr. Dicha prueba se llevó a cabo con analizador de gases (MasterScreen™ CPX, CareFusion) y registro de electrocardiograma de 12 derivaciones (H12+, Mortara).

El protocolo utilizado para todos los sujetos fue en rampa. Se comenzó a 8km/h con una inclinación de 1° para simular el efecto del rozamiento con el aire, para posteriormente incrementar la velocidad 1 km/h cada minuto hasta llegar a la extenuación del sujeto y su esfuerzo máximo, para finalmente realizar una fase de recuperación activa sobre la cinta. A partir de esta prueba se obtuvieron entre otras variables el VO_{2max} (en ml/min y en ml/kg/min), el UAn ventilatorio (en ml/min) y la FC a la intensidad del UAn (en lat/min y en Hz).

3.4.2.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico SPSS 21 y el RComander versión libre. También se utilizó el paquete Office de Windows 2016.

En primer lugar se desarrolló un análisis descriptivo de los datos para verificar que todos habían sido registrados correctamente y no se había cometido ningún error de lectura o de muestreo. Posteriormente se llevaron a cabo test de normalidad para todas las variables con el fin de utilizar técnicas paramétricas o no paramétricas en función de la distribución de las mismas. Seguidamente se realizaron correlaciones múltiples entre todas las variables de interés para cada uno de los parámetros fisiológicos a estimar (VO_{2max} y FC al UAn) y gráficos de dispersión matriciales entre las mismas variables para apreciar las correlaciones desde una perspectiva gráfica. A partir de ese punto se generaron diversos modelos matemáticos para ambas variables a estimar (VO_{2max} y FC al UAn) en función de una serie de consideraciones metodológicas (búsqueda de un modelo que explique la máxima variabilidad posible utilizando un número de variables adecuado (cuanto menor mejor) generando un modelo con una significación $p < 0,05$). Finalmente para los modelos resultantes se realizaron gráficas de Bland Altman (38) comparando métodos de medición (GS vs modelos), y análisis de valores predichos y de residuos de la fórmula matemática propuesta.

3.5 RESULTADOS:

De los 25 sujetos, los registros de 5 de ellos han sido excluidos para la elaboración de las regresiones por problemas en el análisis de datos, por lo que finalmente el estudio se ha llevado a cabo con 20 sujetos. Todas las variables analizadas se ajustaron al modelo de normalidad, por lo que se utilizaron técnicas paramétricas.

3.5.1 VO_{2max} :

En lo referente al VO_{2max} , tras realizar correlaciones de Pearson con todas las variables, solo se encontraron relaciones significativas con el peso ($r=-0,445$, $p=0,026$) y con el IMC ($r=-0,505$, $p=0,010$).

Tras realizar diversos análisis de regresión lineal, el modelo que más adecuado parece tanto a nivel estadístico como práctico es el indicado en la Tabla 1 del apartado Anexos, aunque como podemos apreciar no es un modelo significativo (ya que $p=0,152$), aspecto que en posteriores apartados trataremos. Para obtener un modelo significativo con la muestra analizada sería necesario llegar al modelo de la Tabla 2 del apartado Anexos, que como podemos ver solo incluye 2 variables no obtenidas a partir de la HRV.

Así pues, la ecuación resultante del modelo elegido como final (el de la Tabla 1) que explica un 47% de la variabilidad sería:

$$VO_{2max} \text{ (ml/kg/min)} = 922,635 + 0,485*Edad + 5,344*Peso - 4,672*Altura - 19,375*IMC + 2318,779*PHFad + 0,715*LFHF$$

Tras analizar los residuos del modelo matemático y los valores predichos para cada uno de los sujetos (Tabla 3 del apartado Anexos), observamos como a pesar de que las medias del valor real de VO_{2max} y el pronosticado son iguales, la máxima infraestimación de VO_{2max} es de -9,01 ml/kg/min, y la máxima sobreestimación de 7,60 ml/kg/min.

Como podemos ver en el Gráfico 1 del apartado Anexos, para ninguno de los sujetos coincide el valor real de VO_{2max} con el pronosticado, y como podemos apreciar en el Gráfico 2 del mismo apartado correspondiente a la gráfica de Bland Altman, todos los valores se encuentran dentro del intervalo de confianza establecido en un 95%, pero tal y como podemos ver el intervalo de confianza es demasiado amplio (próximo a los 20 ml/kg/min) como para obtener predicciones fiables de la variable en cuestión. Si observamos la recta de regresión, existe una clara heterocedasticidad, ya que el error en el valor pronosticado

depende de la magnitud de este último, sobreestimando los valores más bajos de VO_{2max} , e infraestimando los valores más altos.

3.5.2 FC al UAn:

En lo referente a la FC al UAn, tras realizar correlaciones de Pearson con todas las variables, no se encontraron relaciones significativas con ninguna de ellas.

Tras realizar diversos análisis de regresión lineal, el modelo matemático que más adecuado parece es el indicado en la Tabla 4 del apartado Anexos. En este caso contamos con un modelo estadísticamente significativo ($p=0,41$), y que se compone de 8 variables, las cuales llegan a explicar un 69,6% de la variabilidad de la FC al UAn. En este caso la ecuación resultante sería la siguiente:

$$FC \text{ al UAn (lat/min)} = 68,957 + 169,763*Edad + 30,272*Peso + 47,881*Altura + 26,114*IMC + 27,138*PLFad + 269,507*PLFn + 41,957*LFHF + 68,437*FR$$

Tras analizar los residuos del modelo matemático y los valores predichos para cada uno de los sujetos (Tabla 5 del apartado Anexos), observamos como a pesar de que las medias del valor real de la FC al UAn y el pronosticado son iguales, la máxima infraestimación de la FC al UAn es de -9,47 lat/min, y la máxima sobreestimación de 6,66 lat/min.

Como podemos ver en el Gráfico 3 del apartado Anexos, para ninguno de los sujetos coincide el valor real de la FC al UAn con el pronosticado aunque en algunos casos se aproxima bastante. Como podemos apreciar en el Gráfico 4 del mismo apartado correspondiente a la gráfica de Bland Altman, todos los valores menos uno se encuentran dentro del intervalo de confianza establecido en un 95%, pero tal y como podemos ver el intervalo de confianza es demasiado amplio (próximo a los 18 lat/min) como para obtener predicciones fiables de la variable en cuestión. Si observamos la recta de regresión, existe una clara heterocedasticidad, ya que el error en el valor pronosticado depende de la magnitud de este último, sobreestimando los valores más bajos de FC al UAn, e infraestimando los valores más altos.

3.6 DISCUSIÓN:

Aunque diversas investigaciones que han valorado la HRV en posición reposo y mediante análisis espectrográfico han presentado relaciones significativas entre diversos indicadores de la HRV (PHFn, PLFn) y el VO_{2max} (20,21,24), en el presente estudio no se ha podido encontrar ninguna relación significativa entre ninguno de los indicadores de HRV analizados y el VO_{2max} . Cabe destacar que en una de las investigaciones se evaluó la HRV en un periodo de 15 min (20), y en las otras dos en un periodo de 10 min analizando tan solo los últimos 5 min de dicho registro (21,24), mientras que en la presente investigación se ha evaluado en un periodo de tan solo 5 min, aspecto que quizá pueda ser el causante de no encontrar relaciones significativas entre las variables a pesar de que estudios demuestran que 5 min es un tiempo óptimo de evaluación para tener una idea aproximada de las 24 h (29).

En cuanto al UAn, somos conscientes de que existen diversas formas de cuantificar la intensidad a la que aparece, ya sea mediante la FC, la potencia desarrollada o el consumo de O_2 entre otras. En nuestra investigación lo hemos valorado a través de la FC ya que creemos que es una manera sencilla, fácilmente controlable fuera del laboratorio mediante un pulsómetro, fácil de entender para personas que no están muy relacionadas con el ámbito deportivo, y que es aplicable a multitud de actividades (carrera a pie, bicicleta, natación...), sin embargo no hemos obtenido relaciones significativas entre ninguno de los indicadores de HRV analizados y la FC al UAn. Como hemos visto, otros estudios que han utilizado variables diferentes a la FC para evaluar el UAn, sí han obtenido relaciones significativas, como estudios que utilizan el consumo de O_2 a la intensidad del UAn ($R^2=0,896$) (35), ($r=0,91$; $p<0,001$) (26) o estudios con ciclistas que utilizan la potencia desarrollada a la intensidad del UAn ($r=0,98$; $p<0,001$) (25). A pesar de que esas variables parecen relacionarse mejor que la utilizada en nuestro estudio, creemos que la aplicabilidad de estos métodos (evaluación del UAn mediante consumo de O_2 y mediante potencia desarrollada) es mucho menor y esta enfocada a un ámbito más propio del rendimiento que la de la FC al UAn, ya que no es posible ni accesible para la población general cuantificar fuera del laboratorio el O_2 que esta consumiendo mientras hace ejercicio físico, ni tampoco cuantificar la potencia que esta desarrollando (tan solo sería posible en ciclismo y con un coste económico considerable). A estas limitaciones habría que añadir que los conceptos de potencia y consumo de O_2 a la intensidad del UAn son más complejos de entender que el de FC para una población no deportista.

Aunque como podemos comprobar en la literatura existen diferentes formulas para calcular de forma indirecta la FC a la intensidad del UA y del UAn de las personas sin tener que llevar a cabo una prueba de esfuerzo (10,39), no hemos podido encontrar métodos adaptados a sujetos con ciertas características especiales como pueden ser sujetos con problemas cardiorrespiratorios, en los que no es posible aplicar las formulas propuestas por la mayoría de estudios. Por ello creemos que es preciso desarrollar un nuevo método predictorio adaptado a este tipo de población, y es precisamente en estos casos donde creemos que sería interesante en futuras investigaciones ver la precisión y exactitud de un método como el que planteamos en nuestra investigación. Se deben tener en cuenta variables que estén influenciadas por las características especiales que afectan directamente a la salud cardiovascular de los sujetos, ya que la HRV se ve influenciada por las enfermedades y eventos cardiovasculares y por la condición cardiovascular (40–43), por lo que desarrollar un método predictorio a partir de la HRV podría ser una buena opción para este tipo de poblaciones.

En cuanto al modelo matemático planteado para estimar el VO_{2max} (Tabla 1), como hemos podido comprobar no es significativo ($p=0,152$), y aunque somos conscientes de que en ese caso no es un modelo estadísticamente correcto ni aplicable en un ámbito real, creemos que sí llegaría a ser significativo en caso de contar con un mayor número de sujetos, ya que la tendencia al realizar el modelaje por eliminación de las variables menos significativas era de aumentar la significación del modelo, hasta que finalmente nos quedamos con el modelo planteado que utiliza 6 variables, ya que de seguir eliminando las variables menos significativas del modelo, la significación del modelo aumentaría hasta llegar a la planteada en la Tabla 2, pero la variabilidad explicada por el modelo se vería reducida de forma exponencial a cada variable eliminada del modelo, cosa que no sucedía al eliminar las variables anteriores hasta quedarnos con las 6 resultantes, esto nos hizo quedarnos con el modelo de la Tabla 1, ya que parece ser que sería el más adecuado y podría ser significativo en caso de contar como hemos dicho con un tamaño muestral más extenso.

Por último cabe destacar que en nuestro estudio parece ser que los indicadores de la HRV explican una mayor variabilidad de la FC al UAn (69,6%) que del VO_{2max} (47%), y por tanto predicen mejor el primer parámetro que el segundo, aspecto que genera una nueva cuestión acerca del potencial predictorio de la HRV sobre ambas variables, y que sin duda sería interesante estudiar en futuras investigaciones analizando que factores influyen y pueden causar que la predicción sea mejor para una variable submáxima que para una máxima, ya que como previos estudios demuestran, se han encontrado relaciones significativas similares entre la HRV y el UAn ($r=0,91$; $p<0,001$) (26), y entre la HRV y el VO_{2max} ($r=0,90$;

$p=0,002$) (18), aunque en este último caso se utilizaran indicadores de HRV no procedentes de un análisis espectrográfico. Si nos fijamos en la relación entre HRV y VO_{2max} de un estudio con análisis espectrográfico, la máxima relación alcanzada que hemos podido encontrar en la literatura es de ($r=0,58$; $p<0,005$) (20), por lo que se encontraría una relación menor de la HRV con el VO_{2max} en comparación con la de la HRV con el UAn, aspecto que concuerda con la diferencia de R^2 que hemos hallado en nuestra investigación entre la estimación de ambas variables (47% para el VO_{2max} vs 69,6% para la FC al UAn).

3.7 POSIBLES APLICACIONES PRÁCTICAS:

A pesar de que los resultados obtenidos no han sido los esperados, estos pueden favorecer que futuras investigaciones obtengan unos mejores resultados y con ellos aplicaciones prácticas reales solucionando ciertos problemas y sesgos cometidos en la presente investigación que en el posterior apartado de limitaciones comentaremos.

Las aplicaciones prácticas que podría generar el presente estudio si se hubieran obtenido unos resultados mejores son innumerables, abarcando los ámbitos del rendimiento deportivo y también de la salud.

En primer lugar cabe destacar que el simple hecho de estimar de una forma fiable los valores de VO_{2max} y de FC al UAn mediante indicadores de HRV es ya una posible aplicación práctica revolucionaria debido a que se estimarían dichos valores de una forma sencilla, rápida, barata y no invasiva fuera cual fuera su finalidad.

Centrándonos en un ámbito tanto enfocado al rendimiento deportivo como a la salud se podrían utilizar los valores de VO_{2max} y de UAn estimados mediante HRV para planificar intensidades de entrenamiento en deportistas/pacientes o para comprobar si un entrenamiento que tenía como objetivo la mejora de alguno de los dos parámetros ha surtido el efecto esperado evaluando tanto momento como magnitud del efecto.

Si nos centramos en un ámbito más sanitario, podríamos llegar a evaluar la condición física cardiorrespiratoria de las personas a través de la HRV con todo lo que ello implica, ya que como ciertos estudios han demostrado, una baja condición física cardiorrespiratoria evaluada mediante el VO_{2max} se asocia a un mayor riesgo de padecer enfermedades, una menor calidad de vida, y en general una pérdida de la autonomía para afrontar nuestro día a día (3–5,44,45).

En sujetos en los que existe un riesgo aumentado de evaluar su VO_{2max} mediante una prueba de esfuerzo convencional, como es el caso de sujetos en estado convaleciente o preoperatorio con afecciones cardiorrespiratorias (6,34), o en situaciones en las que no es posible realizar una prueba de esfuerzo por falta de recursos (10), podríamos conocer dicho valor para evaluar por ejemplo el riesgo de sufrir complicaciones en el post-operatorio en base a las estratificaciones ya establecidas como presentan algunas investigaciones (6).

4. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

A lo largo del desarrollo del presente estudio, se han presentado una serie de limitaciones que somos conscientes que afectan a la calidad del trabajo y que en futuros estudios de similares características sería interesante corregir.

En primer lugar cabe destacar la homogeneidad y la no selección aleatoria de los sujetos que han formado parte del estudio. Todos eran sujetos voluntarios, varones y deportistas entrenados, por lo que los resultados obtenidos no son extrapolables a una población de diferentes características. A su vez el número de participantes del estudio tampoco es demasiado amplio, por lo que los resultados obtenidos se ven todavía más condicionados.

Con respecto a la valoración de la HRV, cabe destacar como hemos comentado con anterioridad, que en el presente estudio solo se han utilizado variables derivadas de la espectrografía, existiendo muchas más variables derivadas de otro tipo de análisis que quizá fuera interesante estudiar. También somos conscientes de que solo hemos evaluado la HRV en reposo por los motivos que hemos expuesto anteriormente, pero quizá sería interesante evaluarla mientras los sujetos desarrollan algún tipo de protocolo de actividad que permitiera obtener mejores resultados.

Por todo lo anteriormente expuesto sería interesante realizar un estudio similar que incluyera un mayor número de sujetos, siendo estos un grupo aleatorio y heterogéneo que representara a la población a la que posteriormente se fueran a aplicar los resultados obtenidos. También sería de interés evaluar la HRV en actividad y mediante otras técnicas diferentes de la espectrografía como hemos señalado, pero creemos que esto es de menor relevancia que aumentar el número de participantes del estudio y seleccionarlos de forma aleatoria.

Por último señalar que para futuros estudios de similares características, en caso de no disponer de una muestra lo suficientemente grande como ha sido nuestro caso, también podría ser interesante evaluar a cada sujeto en varias ocasiones (diferentes días) las variables objeto de estudio (HRV, VO_{2max} y Uan) mediante las pruebas y la secuencia de pruebas utilizada en el protocolo planteado, con el fin de poder utilizar posteriormente un modelo estadístico de análisis mixto con el que aumentamos la potencia estadística.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo ninguno de los indicadores de la HRV está relacionado directamente con el VO_{2max} ni con la FC al UAn ventilatorio.

A pesar de las limitaciones presentadas, creemos que sería posible estimar a partir de la HRV evaluada en reposo, la FC a la intensidad del UAn de las personas con una precisión aceptable.

Por otro lado no podemos afirmar que a partir de la HRV evaluada en reposo podamos llegar a estimar el VO_{2max} de las personas, aunque creemos que si se resolvieran las limitaciones presentadas en el anterior apartado quizá hubiéramos obtenido resultados diferentes en lo que respecta a esta variable.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Larsen HB, Sheel AW. The Kenyan runners. *Scand J Med Sci Sports*. 2015 Dec;25(4):110–8.
2. Paquette M, Le Blanc O, Lucas SJE, Thibault G, Bailey DM, Brassard P. Effects of submaximal and supramaximal interval training on determinants of endurance performance in endurance athletes. *Scand J Med Sci Sports*. 2016 Feb 16;27(3):318–26.
3. Jensen MT, Holtermann A, Bay H, Gyntelberg F. Cardiorespiratory fitness and death from cancer: a 42-year follow-up from the Copenhagen Male Study. *Br J Sports Med*. 2016;(0):1–7.
4. Scribbans TD, Vecsey S, Hankinson PB, Foster WS, Gurd BJ. The Effect of Training Intensity on VO_{2max} in Young Healthy Adults: A Meta-Regression and Meta-Analysis. *Int J Exerc Sci*. 2016;9(2):230–47.
5. Oliveira R, Guedes D. Physical Activity, Sedentary Behavior, Cardiorespiratory Fitness and Metabolic Syndrome in Adolescents: Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Evidence. Rosenfeld CS, editor. *PLoS One*. 2016 Dec 20;11(12):1–24.
6. Smith TB, Stonell C, Purkayastha S, Paraskevas P. Cardiopulmonary exercise testing as a risk assessment method in non cardio-pulmonary surgery: a systematic review. *Anaesthesia*. 2009;64:883–93.
7. Yin X, Sun X, Stringer W, Wang G. Human experiments of metabolism, blood alkalization and oxygen effect on control and regulation of breathing. I:room air exercise test. *Zhongguo Ying Yong Sheng Li Xue Za Zhi*. 2015;31(4):341–4.
8. Santos-Concejero J, Granados C, Irazusta J, Bidaurrazaga L. OBLA is a better predictor of performance than D_{max} in long and middle-distance well-trained runners. *J Sport Med Phys Fit*. 2014;54(5):553–8.
9. Meyer T, Lucía A, Earnest C, Kindermann W. A Conceptual Framework for Performance Diagnosis and Training Prescription from Submaximal Gas Exchange Parameters - Theory and Application. *Int J Sport Med*. 2005;26(0):38–48.
10. Oliveira M, Zanussi G, Sprovieri B, Lobo DML, Mastrocolla LE, Sperandio PA. Alternatives to Aerobic Exercise Prescription in Patients with Chronic Heart Failure. *Arq Bras Cardiol*. 2016;106(2):97–104.
11. Tamburus N, Kunz V, Salviati M, Castello S. Interval training based on ventilatory anaerobic threshold improves aerobic functional capacity and metabolic profile: a randomized control trial in coronary disease patients. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2016;52(1):1–11.
12. Ulloa D, Feriche B, Barboza P. Estudio comparado de la intensidad de entrenamiento sobre la máxima tasa de oxidación de grasas. *Nutr Hosp*. 2015;31(1):421–9.

13. Voorn EL, Gerrits KH, Koopman FS, Nollet F, Beelen A. Determining the Anaerobic Threshold in Postpolio Syndrome : Comparison With Current Guidelines for Training Intensity Prescription. *Arch Phys Med Rehabil.* 2014;95(5):935–40.
14. Magri D, Agostoni P, Corrà U, Passino C, Scrutinio D, Perrone-filardi P, et al. Deceptive meaning of oxygen uptake measured at the anaerobic threshold in patients with systolic heart failure and atrial fibrillation. *Eur J Prev Cardiol.* 2015;22(8):1046–55.
15. Draghici AE, Taylor JA. The physiological basis and measurement of heart rate variability in humans. *J Physiol Anthropol.* 2016 Sep 28;35(22):1–8.
16. Kiss O, Sydó N, Vargha P, Vágó H, Czimbalmos C, Édes E, et al. Detailed heart rate variability analysis in athletes. *Clin Auton Res.* 2016 Aug 6;26(4):245–52.
17. Kiviniemi AM, Tulppo MP, Hautala AJ, Vanninen E, Uusitalo ALT. Altered relationship between R-R interval and R-R interval variability in endurance athletes with overtraining syndrome. *Scand J Med Sci Sports.* 2014 Apr;24(2):77–85.
18. Esco MR, Flatt AA, Nakamura FY. Initial Weekly HRV Response is Related to the Prospective Change in VO_{2max} in Female Soccer Players. *Int J Sports Med.* 2016 Jun 4;37(6):436–41.
19. Grant CC, Murray C, Janse van Rensburg DC, Fletcher L. A comparison between heart rate and heart rate variability as indicators of cardiac health and fitness. *Front Physiol.* 2013;4:1–5.
20. Boutcher SH, Park Y, Dunn SL, Boutcher YN. The relationship between cardiac autonomic function and maximal oxygen uptake response to high-intensity intermittent-exercise training. *J Sports Sci.* 2013;31(9):1024–9.
21. da Silva DF, Bianchini JAA, Antonini VDS, Hermoso DAM, Lopera CA, Pagan BGM, et al. Parasympathetic cardiac activity is associated with cardiorespiratory fitness in overweight and obese adolescents. *Pediatr Cardiol.* 2014 Apr 23;35(4):684–90.
22. Kaikkonen KM, Korpelainen RI, Tulppo MP, Kaikkonen HS, Vanhala ML, Kallio MA, et al. Physical activity and aerobic fitness are positively associated with heart rate variability in obese adults. *J Phys Act Heal.* 2014;11(8):1614–21.
23. Tonello L, Reichert FF, Oliveira-Silva I, Del Rosso S, Leicht AS, Boullosa DA. Correlates of heart rate measures with incidental physical activity and cardiorespiratory fitness in overweight female workers. *Front Physiol.* 2016;6:1–11.
24. Da Silva DF, Verri SM, Nakamura FY, Machado FA. Longitudinal changes in cardiac autonomic function and aerobic fitness indices in endurance runners: a case study with a high-level team. *Eur J Sport Sci.* 2014;14(5):443–51.
25. Cottin F, Lopes P, Papelier Y, Billat V. Assessment of Ventilatory Thresholds from Heart Rate Variability in Well-Trained Subjects during Cycling. *Int J Sport Med.* 2006;27:959–67.
26. Cassirame J, Tordi N, Fabre N, Duc S, Durand F. Heart rate variability to assess ventilatory threshold in ski-mountaineering. *Eur J Sport Sci.* 2014;1–8.

27. Wan-Chun L, Nian-Sheng T, Yu-Chen K, Yeh C-B, Kuo TBJ, Chang C-C, et al. Correlation between health-related quality of life in the physical domain and heart rate variability in asymptomatic adults. *Health Qual Life Outcomes*. 2016 Oct 21;14(149):1–10.
28. Almeida-Santos MA, Barreto-Filho JA, Oliveira JLM, Reis FP, da Cunha Oliveira CC, Sousa ACS. Aging, heart rate variability and patterns of autonomic regulation of the heart. *Arch Gerontol Geriatr*. 2016 Mar;63:1–8.
29. Edmond R, Meersman D, Stein PK. Vagal modulation and aging. *Biol Psychol*. 2007;74:165–73.
30. Schäfer D, Gjerdalen GF, Solberg EE, Khokhlova M, Badtieva V, Herzig D, et al. Sex differences in heart rate variability: a longitudinal study in international elite cross-country skiers. *Eur J Appl Physiol*. 2015;115(10).
31. Zouhal H, Douairon S, Abderraouf B, Ahaye SOLEDOL, Bderrahaman ABBENA, Inter GUM, et al. Energy system contribution to olympic distances in flat water kayaking (500 and 1000 m) in highly trained subjects. *J strength Cond Res*. 2012;26(3):825–31.
32. Carlisle J, Swart M. Mid-term survival after abdominal aortic aneurysm surgery predicted by cardiopulmonary exercise testing. *Br J Surg*. 2007;94:966–9.
33. Jaureguizar K, Vicente-Campos D, Ruiz L, Hernandez de la peña C. Effect of High-Intensity Interval Versus Continuous Exercise Training on Functional Capacity and Quality of Life in Patients With Coronary Artery Disease. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. 2016;21(36):96–105.
34. Paolillo S, Agostoni P. Prognostic role of cardiopulmonary exercise testing in clinical practice. *Annalsats*. 2017;(31):1–21.
35. Dourado VZ, Banov MC, Marino MC, Souza VL De, Mcburnie MA, States U. A Simple Approach to Assess VT During a Field Walk Test. *Int J Sport Med*. 2010;31:698–703.
36. Boon KH, Malarvili MB, Sia CW. Paroxysmal atrial fibrillation prediction method with shorter HRV sequences. *Comput Methods Programs Biomed*. 2016;134:187–96.
37. Tadic M, Vukomanovic V, Cuspidi C, Suzic-Lazic J, Stanisavljevic D, Celic V. Left atrial phasic function and heart rate variability in asymptomatic diabetic patients. *Acta Diabetol*. 2017 Jan 12;1–8.
38. Krouwer J. Why Bland-Altman plots should use X , not $(Y+X)/2$ when X is a reference method. *Stat Med*. 2008;27(5):778–80.
39. Boyne P, Buhr S, Rockwell B, Khoury J, Carl D, Gerson M, et al. Predicting Heart Rate at the Ventilatory Threshold for Aerobic Exercise Prescription in Persons With. *JNPT*. 2015;39(October):233–40.
40. Lochan R, Kumar P, Kumari L, Agrawal K. Association between obesity and heart rate variability indices: an intuition toward cardiac autonomic alteration – a risk of CVD. *Diabetes, Metab Syndr Obes targets Ther*. 2017;10:57–64.
41. Szymanowicz L, Suchecka J, Niemirycz-makurat A. Autonomic Predictors of Hospitalization Due to Heart Failure Decompensation in Patients with Left Ventricular Systolic Dysfunction. *PLoS One*. 2016;25:1–12.

42. Da Silva A, Penachini M, Barbosa R, Vanderlei FM, Ph D, Giuliano D, et al. Application of Heart Rate Variability in Diagnosis and Prognosis of Individuals with Diabetes Mellitus: Systematic Review. *Ann Noninvasive Electrocardiol.* 2016;21(3):223–35.
43. Fyfe-johnson AL, Muller CJ, Alonso A, Aaron R, Gottesman RF, Rosamond W, et al. Heart rate variability and incident stroke: The atherosclerosis risk in communities study. *Stroke.* 2016;47(6):1452–8.
44. Engberg E, Tikkanen HO, Koponen A, Tiitinen A, Peltonen JE, Medicine E, et al. Cardiorespiratory fitness and health-related quality of life in women at risk for gestational diabetes. *Scand J Med Sci Sports.* 2017;17:1–26.
45. Chrysohoou C, Tsitsinakis G, Vogiatzis I, Cherouveim E, Antoniou C. High intensity interval exercise improves quality of life of patients with chronic heart failure: a randomized controlled trial. *Q J Med.* 2014;107:25–32.

7. ANEXOS

GRÁFICOS:

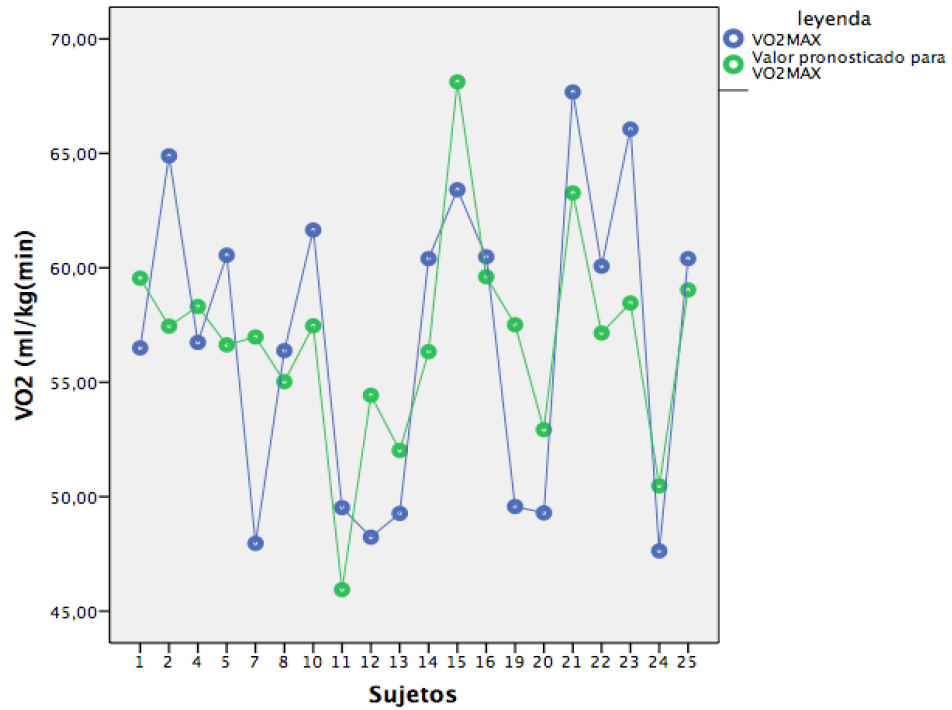


Gráfico 1: Valor real del VO_{2max} de cada sujeto vs valor pronosticado para cada uno de ellos por el modelo matemático creado.

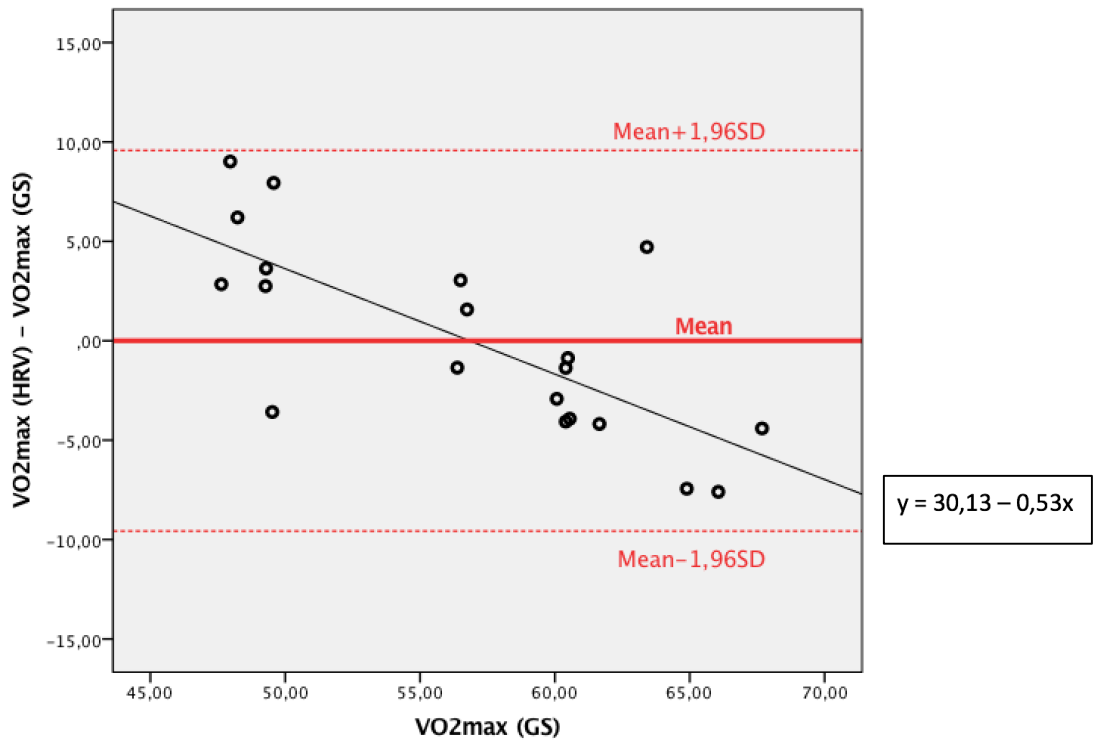


Gráfico 2: Gráfico de Bland-Altman de comparación de métodos de medición del VO_{2max} (ml/kg/min).

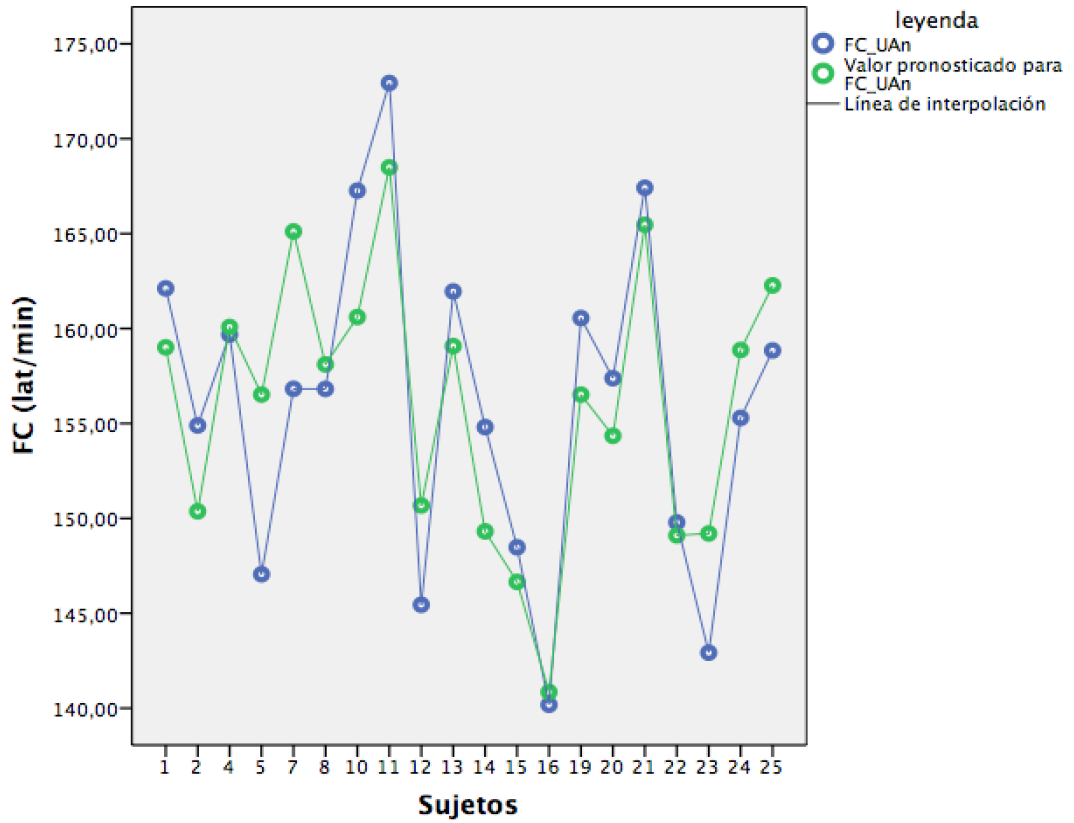


Gráfico 3: Valor real de FC a la intensidad del UAn de cada sujeto vs valor pronosticado para cada uno de ellos por el modelo matemático creado.

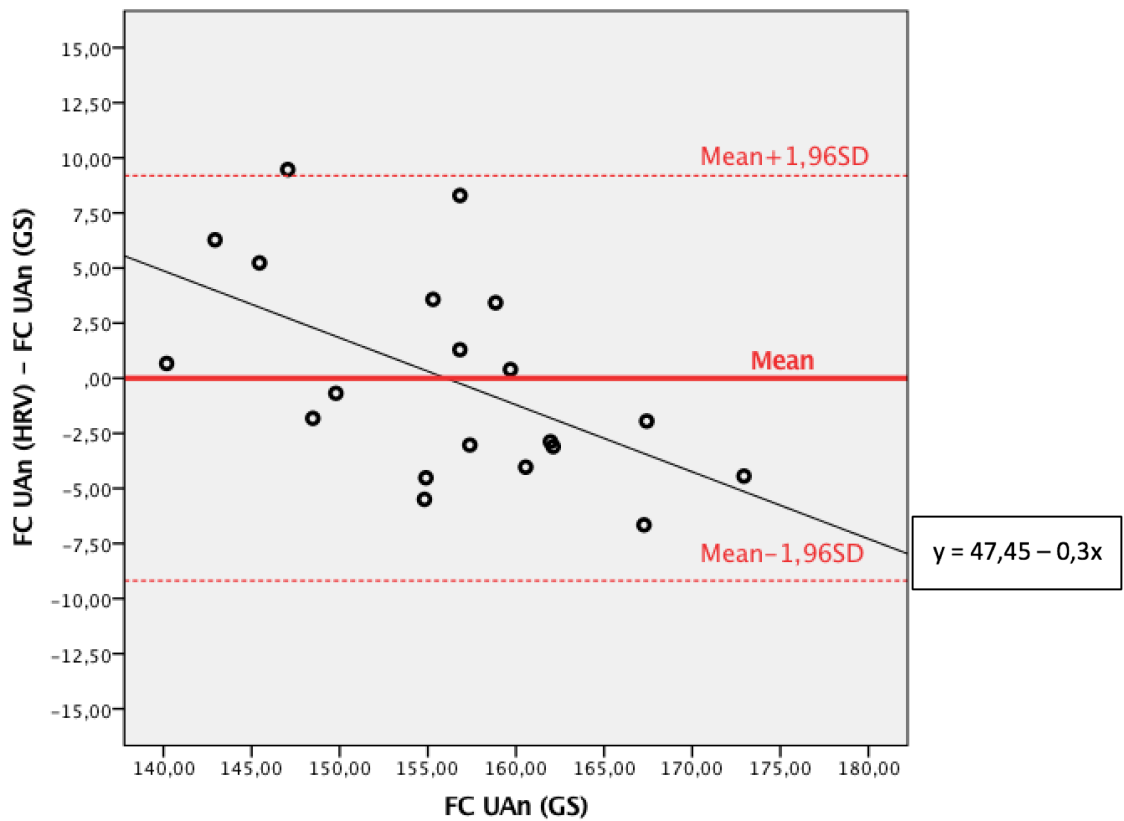


Gráfico 4: Gráfico de Bland-Altman de comparación de métodos de medición de la FC (lat/min) a la intensidad del UAn.

TABLAS:

Variable dependiente: VO2MAX

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	401,942 ^a	6	66,990	1,921	,152
Intersección	73,573	1	73,573	2,110	,170
EDAD	69,642	1	69,642	1,997	,181
PESO	55,020	1	55,020	1,578	,231
ALTURA	59,822	1	59,822	1,715	,213
IMC	71,898	1	71,898	2,062	,175
PHFad	86,943	1	86,943	2,493	,138
LFHF	66,012	1	66,012	1,893	,192
Error	453,359	13	34,874		
Total	65457,372	20			
Total corregida	855,301	19			

a. R cuadrado = ,470 (R cuadrado corregida = ,225)

Tabla 1: Modelo matemático resultante para estimar el VO_{2max} (ml/kg/min) (modelo estadísticamente no significativo).

Variable dependiente: VO2MAX

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	236,209 ^a	2	118,104	3,803	,038
Intersección	1392,553	1	1392,553	44,836	,000
EDAD	1,775	1	1,775	,057	,813
IMC	230,616	1	230,616	7,425	,012
Error	683,293	22	31,059		
Total	81391,575	25			
Total corregida	919,502	24			

a. R cuadrado = ,257 (R cuadrado corregida = ,189)

Tabla 2: Modelo matemático resultante para estimar el VO_{2max} (ml/kg/min) (modelo estadísticamente significativo).

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
VO2MAX	20	47,63	67,68	56,8340	6,70938
Valor pronosticado para VO2MAX	20	45,94	68,12	56,8340	4,59944
Residuo para VO2MAX	20	-9,01	7,60	,0000	4,88477
N válido (según lista)	20				

Tabla 3: Análisis descriptivo de los valores reales, pronosticados y residuales para la variable VO_{2max} (ml/kg/min).

Variable dependiente: FC_UAn

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	955,729 ^a	8	119,466	3,147	,041
Intersección	68,957	1	68,957	1,816	,205
EDAD	169,763	1	169,763	4,471	,058
PESO	30,272	1	30,272	,797	,391
ALTURA	47,881	1	47,881	1,261	,285
IMC	26,114	1	26,114	,688	,425
PLFad	27,138	1	27,138	,715	,416
PLFn	269,507	1	269,507	7,099	,022
LFHF	41,957	1	41,957	1,105	,316
FR	68,437	1	68,437	1,803	,206
Error	417,626	11	37,966		
Total	488297,336	20			
Total corregida	1373,356	19			

a. R cuadrado = ,696 (R cuadrado corregida = ,475)

Tabla 4: Modelo matemático resultante para estimar la FC (lat/min) a la intensidad del UAn.

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
FC_UAn	20	140,18	172,93	156,0327	8,50187
Valor pronosticado para FC_UAn	20	140,85	168,49	156,0327	7,09236
Residuo para FC_UAn	20	-9,47	6,66	,0000	4,68832
N válido (según lista)	20				

Tabla 5: Análisis descriptivo de los valores reales, pronosticados y residuales para la variable FC (lat/min) a la intensidad del UAn.