



UNIVERSIDAD DE LEÓN

Máster en Innovación e Investigación en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

“Cinética de la Hemoglobina oxigenada y desoxigenada determinadas con NIRS, durante un test incremental máximo, en hombres obesos: Un estudio piloto”

“Kinetics of oxygenated and deoxygenated hemoglobin determined by NIRS. Evolution during a maximal incremental test in obese men: A pilot study.”

Nombre del Alumno:

Jorge López Haro

Nombre de los directores:

David Jiménez Pavón
José Antonio De Paz Fernández

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS.....	4
1.- RESUMEN	5
2.- ABSTRAC	7
3.- INTRODUCCIÓN.....	9
3.1.- OBESIDAD	10
3.2.- ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO CERCANO (NIRS).....	11
3.3.- ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO CERCANO (NIRS) Y EJERCICIO	12
3.4.- ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO CERCANO (NIRS) Y OBESIDAD	13
4.- OBJETIVO	14
5.- METODOLOGÍA	16
5.1.- DISEÑO Y PARTICIPANTES:	17
5.2.- PROTOCOLO DE MEDICIÓN	17
5.3.- PROCEDIMIENTO	19
5.4.- ESTADÍSTICA	20
6.- RESULTADOS.....	21
7.- DISCUSIÓN	27
8.- CONCLUSIÓN.....	30
8.- BIBLIOGRAFÍA	32
9.- ANEXO.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Espectroscopia de infrarrojo cercano (monitor y óptodo).....	11
Figura 2. Colocación de los óptodos de la espectroscopia de infrarrojo cercano en cabeza y muslo.....	19
Figura 3. Representación esquemática del diseño de estudio.....	20
Figura 4. Comportamiento de la hemoglobina oxigenada y desoxigenada en encéfalo.	22
Figura 5. Comportamiento de la hemoglobina oxigenada y desoxigenada en el muslo.	23
Figura 6. Comportamiento del índice de hemoglobina en el tejido en encéfalo y muslo.	24
Figura 7. Comportamiento de la presión de oxígeno y de bióxido de carbono al final de la expiración.....	25
Figura 8. Comportamiento de la frecuencia respiratoria y la ventilación por minuto..	26
Tabla 1. Tabla descriptiva de los participantes	22

1.- RESUMEN

INTRODUCCIÓN: La obesidad es uno de los mayores problemas de salud mundial en la sociedad actual. Se conoce la relación que tiene con los problemas de salud, sin embargo hay aspectos de la fisiología que merecen ser estudiados en esta población en profundidad como es la utilización del oxígeno a nivel encefálico y a nivel local muscular.

OBJETIVO: Describir los cambios en la evolución de la hemoglobina oxigenada y desoxigenada (O₂Hb y HHb) respectivamente de forma paralela al consumo de oxígeno durante el reposo y una prueba de ejercicio incremental máxima en hombres obesos.

METODOLOGÍA: Estudio descriptivo de los datos transversales. 10 voluntarios (10 hombres) fueron incluidos. Se le midió la composición corporal con la TANITA-MC780MA. Se colocó la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRO 200NX Hamamatsu Photonics). Se les realizó una prueba de metabolismo basal con analizador de gases Jaeger MasterScreen CPX® (CareFusion, San Diego, EE. UU.) y una prueba de consumo máximo de oxígeno en cicloergómetro (Lode Excalibur, Gronigen, Holanda).

RESULTADOS: Se observó que la hemoglobina oxigenada (O₂Hb) y la hemoglobina desoxigenada (HHb) a nivel central (encéfalo) aumentan a medida que lo hace la intensidad del esfuerzo; y a nivel periférico, la hemoglobina desoxigenada (HHb) aumenta a medida que se incrementa la intensidad mientras disminuye la hemoglobina oxigenada (O₂Hb).

CONCLUSIONES: A nivel central, el suministro de hemoglobina oxigenada (O₂Hb) no está limitada a medida que la intensidad de la prueba aumenta. A nivel periférico, a niveles de intensidad de moderado a alto predomina la hemoglobina desoxigenada (HHb).

PALABRAS CLAVES: Espectroscopia de infrarrojo cercano; consumo máximo de oxígeno; obesidad; metabolismo en reposo; saturación de oxígeno; test incremental.

2.- ABSTRAC

INTRODUCTION: Obesity is one of the biggest global health problems in today's society. It is known for the relation that it has with health problems, nevertheless there are aspects of the physiology that deserve to be deeply studied in this population as it is the use of the oxygen at encephalic level and at muscular local level.

OBJECTIVE: To describe the changes in the evolution of oxygenated and deoxygenated hemoglobin (O₂Hb and HHb), respectively, in parallel with the oxygen consumption during rest and a maximal incremental exercise test in obese men.

METHODOLOGY: Descriptive study of cross-sectional data. 10 volunteers (10 men) were included. Body composition was measured with TANITA-MC780MA. Near infrared spectroscopy (NIRO 200NX Hamamatsu Photonics) was placed. They underwent a basal metabolism test with the Jaeger MasterScreen CPX® gas analyzer (CareFusion, San Diego, USA) and a maximum cycle oxygen consumption test (Lode Excalibur, Gronigen, The Netherlands).

RESULTS: It was observed that oxygenated hemoglobin (O₂Hb) and deoxygenated hemoglobin (HHb) at the central level (brain) heightens as intensity increases, and peripheral level, deoxygenated hemoglobin (HHb) increases as intensity increases and Oxygenated hemoglobin (O₂Hb) decreases.

CONCLUSION: At the central level, the supply of oxygenated hemoglobin (O₂Hb) is not limited as the intensity of the test increases. At the peripheral level, deoxygenated hemoglobin (HHb) predominates at moderate to high intensity levels.

KEY WORDS: Near infrared spectroscopy; maximal oxygen consumption; obesity; resting metabolism; oxygen saturation; incremental test.

3.- INTRODUCCIÓN

3.1.- Obesidad

La obesidad es considerada una epidemia/pandemia tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo (Choi, Banks, Estall, Kajimura, & Boström, 2010). Es una enfermedad crónica que se caracteriza por una composición corporal con exceso de tejido adiposo e involucra determinantes genéticos y ambientales (Serra-Majem & Bautista-Castaño, 2013). La obesidad surge a causa de un balance energético positivo de manera prolongada que involucra componentes de hábitos alimenticios y estilos de vida sedentaria (Serra-Majem & Bautista-Castaño, 2013) es decir, el consumo calórico es mayor que el gasto energético. La obesidad se clasifica en el adulto según el IMC mayor de 30kg/m^2 tanto para hombres como para mujeres (Ciangura, Carette, Faucher, Czernichow, & Oppert, 2017), aunque si utilizamos la composición corporal como medida, los parámetros en porcentajes para obesos se encuentra en mujeres por encima del 33% y en hombres en más del 25% (Serra-Majem & Bautista-Castaño, 2013). Es una patología de carácter multifactorial que además también intervienen factores sociodemográficos, dónde un menor nivel cultural y económico se asocia a niveles altos de obesidad (Serra-Majem & Bautista-Castaño, 2013).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en su informe, la obesidad a nivel mundial se ha duplicado en 2014 respecto a 1980, habiendo un 10% en hombres y un 14% en mujeres más (Mendis, Davis, & Norrving, 2015). En 2014, 2.100 millones de personas que representa el 30% de la población, tenían sobrepeso u obesidad (Tremmel, Gerdtham, Nilsson, & Saha, 2017) sobre todo en países industrializados dónde el 12,8% de la población europea es obesa (Gallus et al., 2015) y el 21,6% en el caso de España (Aranceta-Bartrina, Pérez-Rodrigo, Alberdi-Aresti, Ramos-Carrera, & Lázaro-Masedo, 2016). A la obesidad se le asocian otras comorbilidades como problemas cardiovasculares, metabólicos, respiratorios o psicosociales (autoestima, imagen corporal, depresión, etc...) (Ciangura et al., 2017), lo cual esta enfermedad supuso un gasto económico de manera directa o indirecta a nivel mundial de 2 billones de dólares americanos, un 2,8% del producto interior bruto en 2014 (Tremmel et al., 2017). Por ello se deben de buscar otras alternativas que puedan reducir el costo sanitario en medicamentos mediante el control de peso corporal a través de la prescripción del ejercicio (Counterweight Project Team, 2008).

3.2.- Espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS)

Espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS por sus siglas del inglés *Near Infrared Spectroscopy*), es una técnica no invasiva y validada que evalúa la oxigenación del tejido mediante las propiedades de absorción diferencial de la hemoglobina en función de la cantidad de oxígeno unido a su molécula (Mancini et al., 1994), pudiendo ser utilizada esta técnica para el estudio de oxigenación tanto del cerebro (Ferrari & Quaresima, 2012) como a nivel muscular (Binzoni et al., 2010). Se basa en la cuantificación de la intensidad emitida por un óptodo y capta el reflejo de luz proveniente de la sangre en un rango entre 700 a 2500 nm (Motta-amézquita, Barrera-fuentes, Peña-pérez, Tamaríz-cruz, & Ramírez-segura, 2017) y la absorción de la luz infrarroja difiere dependiendo de si están en un estado oxigenado o desoxigenado (Jones, Chiesa, Chaturvedi, & Hughes, 2016). La señal NIRS se deriva principalmente de los vasos sanguíneos pequeños (es decir, arteriolas, capilares y vénulas) (Mancini et al., 1994).

La absorbancia máxima para la desoxiHb se produce a 760 nm, mientras que el pico para la oxi-Hb se observa a 850 nm. El punto isobéptico (cruzado) para oxi y desoxi-Hb se encuentra a 798 nm. La diferencia en la absorbancia del tejido entre las longitudes de onda de 850 nm y 760 nm indica el equilibrio entre la administración y la eliminación de oxígeno a nivel de los vasos sanguíneos pequeños (Pereira, Gomes, & Bhambhani, 2007).

El NIRS es una tecnología que tiene uso clínico aplicado para monitorear la cirugía cardíaca o en pediatría para detectar episodios de isquemias cerebrales o perfusión tisular (Murkin & Arango, 2009; Scheeren, Schober, & Schwarte, 2012) pero también tiene una aplicación en el ejercicio físico (Bhambhani, 2004).



Figura 1. Espectroscopia de infrarrojo cercano (monitor y óptodo)

3.3.- Espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) y ejercicio

El NIRS aplicado al ejercicio es una herramienta para evaluar dos determinantes principales de la capacidad de los músculos para el ejercicio: la administración de O₂ y la utilización de O₂ (Jones et al., 2016). Esta técnica no invasiva se ha utilizado para monitorear la oxigenación tisular tanto en diferentes zonas (muscular, cerebral o ambas a la vez) como en diferentes tipos de ejercicios.

Pereira et al (Pereira et al., 2007) en su estudio de revisión sobre NIRS aplicado a ejercicios de fuerza muestra que podría ser una técnica no invasiva útil para proporcionar una idea sobre las causas de fatiga muscular aunque concluye que se requieren más estudios sobre este campo para demostrar la utilidad del NIRS en trabajo de fuerza. Aunque en ejercicio dinámico González-Alonso. J et al (González-Alonso et al., 2004) demostró en un test incremental de VO₂max la fatiga afecta de manera diferente a nivel cerebral como a nivel muscular, concluyendo que la O₂ cerebral se mantiene elevado en intensidades elevadas para proteger al órgano vital y a nivel musculo esquelético descende el O₂.

Otro de los parámetros fisiológicos de manera no invasiva que se ha medido con NIRS es asociar el umbral de lactato con el índice de saturación tisular en deportistas entrenados, Raleigh, c. et al (Raleigh, Donne, & Fleming, 2018) concluyeron que no hay diferencia significativa entre el umbral de lactato y el índice de saturación tisular, ya que existen limitaciones en la administración del O₂. Aunque en otro estudio de Bellotti, C et al (Bellotti, Calabria, Capelli, Exerc, & 2013, n.d.), un estudio en sujetos sanos, se determinó la correlación entre estado de equilibrio máximo de lactato (MLSS) a través de la hemoglobina desoxigenada (desoxi-HB) medido con NIRS, el cual, el MLSS se define como la intensidad de ejercicio más alta que puede mantenerse a lo largo del tiempo sin una acumulación continua de lactato en sangre.

Un estudio que es interesante es el de Fontana et al (Fontana et al., 2015), en un estudio con una muestra grande de 118 sujetos hombres con una edad comprendida entre 20 y 79 años determinaron la correlación de la respuesta del VO₂ de la desoxi-HB medido con el NIRS en la musculatura del vasto lateral y el punto de compensación respiratoria (RCP) que está asociado al consumo máximo de oxígeno (VO₂max) para determinar el rendimiento en el ejercicio las intensidades.

3.4.- Espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) y obesidad

La espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) no solo se ha utilizado en ejercicio con deportistas o personas sanas, sino que también se puede aplicar de manera clínica en sujetos obesos. El NIRS puede ser una herramienta útil para la monitorización de la oxigenación tisular en esta población, pero algo de lo que se debe tener en cuenta en estos tipos de sujetos es el grosor del tejido adiposo subcutáneo que no debe de ser mayor a 3cm (Jones et al., 2016). Hay una serie de recomendaciones a tener en cuenta para el uso de la espectroscopia de infrarrojo cercano en el musculo esquelético (Ferrari, Muthalib, & Quaresima, 2011) el cual estos son los más importante: i) Sensibilidad de profundidad ii) el volumen muscular y los puntos de medición iii) la posición del óptodo iv) el acoplamiento/desplazamiento del óptodo en la piel (sudor) v) el grosor del tejido adiposo vi) el cambio de la forma muscular durante el ejercicio.

El uso de la espectroscopia de infrarrojo cercano aplicado en personas obesas hay poco estudiado o hay estudios dónde miden la oxigenación cerebral o muscular, pero no las dos a la vez. En un estudio de Gayda et al (Gayda et al., 2017). el cual su principal objetivo fue comparar la hemodinámica cardiovascular y la oxigenación/perfusión cerebral con NIRS durante una prueba incremental y después del ejercicio en individuos obesos en comparación con individuos sanos de semejante edad adultos, donde se concluyó que los sujetos obesos tienen una similar vasoreactividad cerebral que los sujetos sanos tanto en ejercicio como en reposo. Otro estudio con obesos y NIRS nos lo presenta Julian et al (Julian et al., 2016) el cual midió el efecto de un programa de entrenamiento sobre la microvascularización muscular con NIRS en el vasto lateral del cuádriceps durante el ejercicio en obesos adolescentes donde se demostró mediante técnica no invasiva que un programa de entrenamiento induce a adaptaciones vasculares periféricas.

La falta de estudios hace que este tema sea de interés para comprender la cinética del consumo de oxígeno central y periférico durante el esfuerzo físico y en concreto en incremental en personas obesas.

4.- OBJETIVO

El objetivo que se ha planteado para este estudio ha sido:

Describir los cambios en la evolución de la hemoglobina oxigenada y desoxigenada (O₂HB y HHB) respectivamente de forma paralela al consumo de oxígeno durante el reposo y una prueba de ejercicio incremental máxima en hombres obesos.

5.- METODOLOGÍA

5.1.- Diseño y participantes:

El diseño del estudio es transversal. Participaron en el presente estudio 10 adultos (10 hombres) de la provincia de Cádiz. Todos ellos sedentarios y con un IMC entre 30 y 40 Kg/m². Fueron invitados a participar de manera voluntaria y a todos ellos se les informó de los procedimientos y riesgos que conlleva, firmando el consentimiento informado antes de comenzar el estudio. El estudio se realizó en conformidad con el comité de ética de la Universidad de Cádiz de acuerdo con la declaración de Helsinki.

Criterios de Inclusión/exclusión

Los criterios de inclusión del estudio fueron, hombres entre 30 y 45 años, sedentarios y con un IMC entre 30 y 40 Kg/m², encuadrado en Obesidad I y II según WHO. Además, los criterios de exclusión fueron, menores de 30 años y mayores de 45 años, con un IMC por debajo de 30kg/m² y por encima de 40kg/m², activos y tuvieran alguna comorbilidad como hipertensión, diabetes, dislipidemia, etc.

5.2.- Protocolo de medición

Metabolismo en reposo

La tasa metabólica en reposo (RMR) se describe como “la energía requerida para mantener los sistemas bioquímicos del cuerpo en reposo completo”. (de Oliveira et al., 2018)

La captación de oxígeno (VO₂), la producción de dióxido de carbono (VCO₂), la relación de intercambio respiratorio (RER) y la oxidación de grasa en reposo (RFO) se registraron en condiciones de reposo en una cama en posición supina durante 30 minutos.

Previamente, a los participantes se les pidió que 24h antes de la prueba siguieran las siguientes consideraciones: i) abstenerse de ejercicio vigoroso ii) no tomar bebida alcohólica iii) no tomar bebidas energizantes y iv) estar 8h de ayuno al menos. (Compher, Frankenfield, Keim, & Roth-Yousey, 2006)

Se colocó una máscara sobre la cara del sujeto para recoger muestras de gas. La calorimetría indirecta en reposo se midió utilizando un analizador de gases de circuito abierto, Jaeger MasterScreen CPX® (CareFusion, San Diego, EE. UU.) Y se respetaron los criterios establecidos para medir el metabolismo en reposo en adultos sanos.(Compher

et al., 2006) Este sistema fue calibrado antes de cada prueba de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Para el análisis de estas variables, se eliminaron los primeros 5 minutos de la evaluación y se seleccionó un período estable de 5 minutos con un coeficiente de variación para VO₂ y VCO₂ de menos del 15%.(Compher et al., 2006) Mediante la ecuación indirecta propuesta por Frayn 1983 se calculó el valor medio entre VO₂ y VCO₂.(Frayn, 1983)

$$\text{Fat (g/min)} = 1.67 \cdot \text{Vo}_2 - 1.67 \cdot \text{Vco}_2 - 1.92 \cdot n$$

Donde Fat es la utilización de la grasa, g/min es gramos por minutos, VO₂ y VCO₂ representan el consumo de O₂ y la producción de CO₂, respectivamente, en litros por minuto y n gramos de nitrógeno urinario por minuto.

Protocolo de ejercicio incremental

Se realizó un protocolo de ejercicio incremental para medir el consumo máximo de oxígeno (VO₂max) en un cicloergómetro (Lode Excalibur, Gronigen, Holanda). Se utilizó el protocolo de escalones de 1 minuto con incremento de 15W una cadencia de pedaleo en 60-80 rpm(Tsujimoto et al., 2012). Esta fase finalizó cuando el participante llegó a su agotamiento. El protocolo se consideró máximo cuando el participante cumplió con los criterios marcado por Wood et al(Wood, Hills, Hunter, ..., & 2010, n.d.): i) Meseta de VO₂ (VO₂ plateau) ii)Frecuencia cardiaca (FC) predicha por la edad (220-edad) iii) Relación de intercambio respiratorio (RER)

RER, VO₂ y VCO₂ se midieron usando calorimetría indirecta (Jaeger MasterScreen CPX®; CareFusion, San Diego, EE. UU.) Y se midió la FC durante la prueba con Polar Team 2 (Polar Electro Inc., Lake Success, NY) continuamente durante ambas fases.

Saturación de la hemoglobina en sangre

La espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS, por sus siglas del inglés *Near Infrared Spectroscopy*), es una técnica no invasiva y validada que evalúa la oxigenación del músculo esquelético mediante las propiedades de absorción diferencial de la hemoglobina.(Mancini et al., 1994)

La cantidad de Hemoglobina Oxigenada (O₂Hb), la cantidad de Hemoglobina Desoxigenada (HHb), el Índice de oxigenación de los tejidos (TOI) y el Índice de hemoglobina en el tejido (nTHI) se midió con espectrometría cercana a la infrarroja

(NIRO 200NX Hamamatsu Photonics). Se colocó un receptor/emisor pequeño (S) en la frente, a 3 centímetros por encima de la cresta supra orbital (Miyazawa et al., 2013) en la zona contraria al lado dominante para medir la zona central y otro receptor/emisor grande (L) en el muslo, a 2/3 partes de la longitud del vasto lateral del cuádriceps (Binzoni et al., 2010) para medir la zona periférica.



Figura 2. Colocación de los óptodos de la espectroscopia de infrarrojo cercano en cabeza y muslo

Composición corporal

El análisis de la composición corporal es el núcleo integrador de las respuestas del cuerpo a niveles biológicos de la fisiología celular y molecular a factores externos e internos, además de la bioquímica del metabolismo. (Andreoli, Garaci, Cafarelli, & Guglielmi, 2016) El objetivo principal de medir la composición corporal es cuantificar los depósitos de grasa o tejido adiposo, la estructura ósea y /o la masa muscular. (Lukaski, 2009)

Para evaluar la composición corporal, peso (Kg), grasa corporal (% y Kg) y masa muscular (% y KG) se usó el análisis de bioimpedancia multifrecuencia previamente validada (TANITA-MC780MA). (J Verney, Schwartz, Amiche & 2015. ; Julien Verney et al., 2016) Los participantes usaron ropa ligera y se les dio las mismas consideraciones previas que para la prueba de metabolismo basal. Se midió el perímetro de cintura según las recomendaciones de la OMS. (Organization, 2011)

5.3.- Procedimiento

En el primer día (día 1) se realizó el proceso de screening, en el cual los participantes cumplieron un cuestionario elaborado para este proyecto confirmando el cumplimiento de los criterios especificados, y donde firmaron por escrito el consentimiento informado. El segundo día (Día 2) los participantes recogieron los dietarios y los acelerómetros, los cuales cumplieron durante una semana. Una vez

entregados los dietarios y los acelerómetros, los participantes acudieron un día de la semana al laboratorio de fisiología de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz.

El tercer día (día 3), se realizaron las pruebas de laboratorio, incluyendo composición corporal, y midiendo espectroscopia de infrarrojo cercano en las pruebas de metabolismo basal y VO₂máx., en este orden. Los sujetos debían acudir al laboratorio tras un período de ayunas de al menos 8 horas y sin haber consumido cafeína o bebidas alcohólicas ni haber realizado actividad física vigorosa el día previo. El cronograma se puede observar en la figura 1.

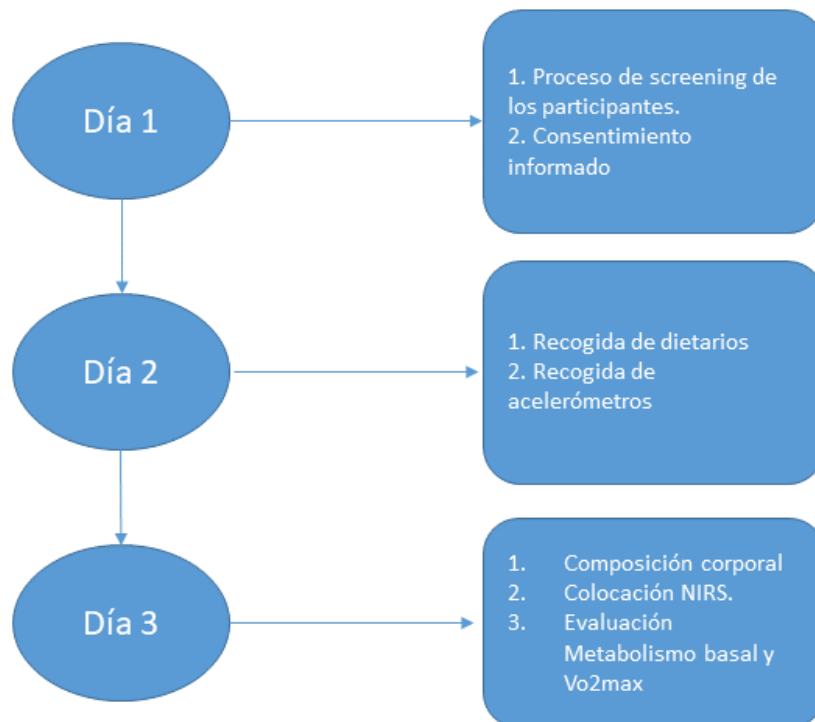


Figura 3. Representación esquemática del diseño de estudio

5.4.- Estadística

El procedimiento de la estadística utilizada es la descriptiva, mostrando los resultados como medias y desviación estándar. Se utilizó el software SPSS, v23.

6.- RESULTADOS

A continuación se describen los resultados obtenidos en el presente estudio con base a los objetivos planteados.

Tabla 1. Tabla descriptiva de los participantes

Variable	Total (n=10)
Edad (años)	41,8 (\pm 4,6)
Peso (kg)	97,3 (\pm 14,1)
Altura (cm)	174,3 (\pm 7,3)
IMC (kg/cm ²)	31,9 (\pm 3,2)
Grasa corporal (kg)	27,2 (\pm 6,6)
Masa muscular (kg)	66,6 (\pm 8,2)

Los participantes son hombres con una media de edad de 41,8 (\pm 4,6) años, con un peso medio de 97,3 kg (\pm 14,1) y una altura media de 174,3 cm (\pm 7,3). La media del IMC de los participantes es de 31,9 Kg/cm² (\pm 3,2) con una grasa corporal medio de 27,2 Kg (\pm 6,6) y una masa muscular media de 66,6 kg (\pm 8,2).

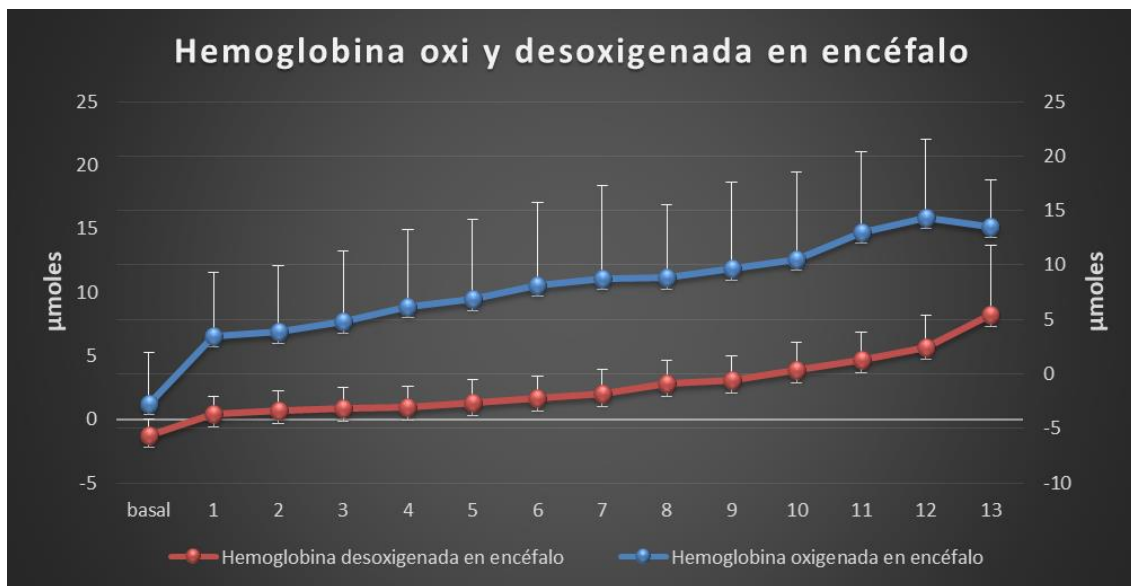


Figura 4. Comportamiento de la hemoglobina oxigenada y desoxigenada en encéfalo.

En la figura 4 se puede observar el comportamiento de la hemoglobina oxigenada y desoxigenada del encéfalo en reposo y en un test incremental de consumo máximo de oxígeno. La hemoglobina oxigenada en encéfalo en la prueba de metabolismo en reposo se encuentra por encima de la hemoglobina desoxigenada. En la prueba incremental de consumo máximo de oxígeno la hemoglobina oxigenada y desoxigenada aumenta a medida que aumenta la intensidad de la prueba pero siempre la hemoglobina oxigenada está por encima de la hemoglobina desoxigenada.

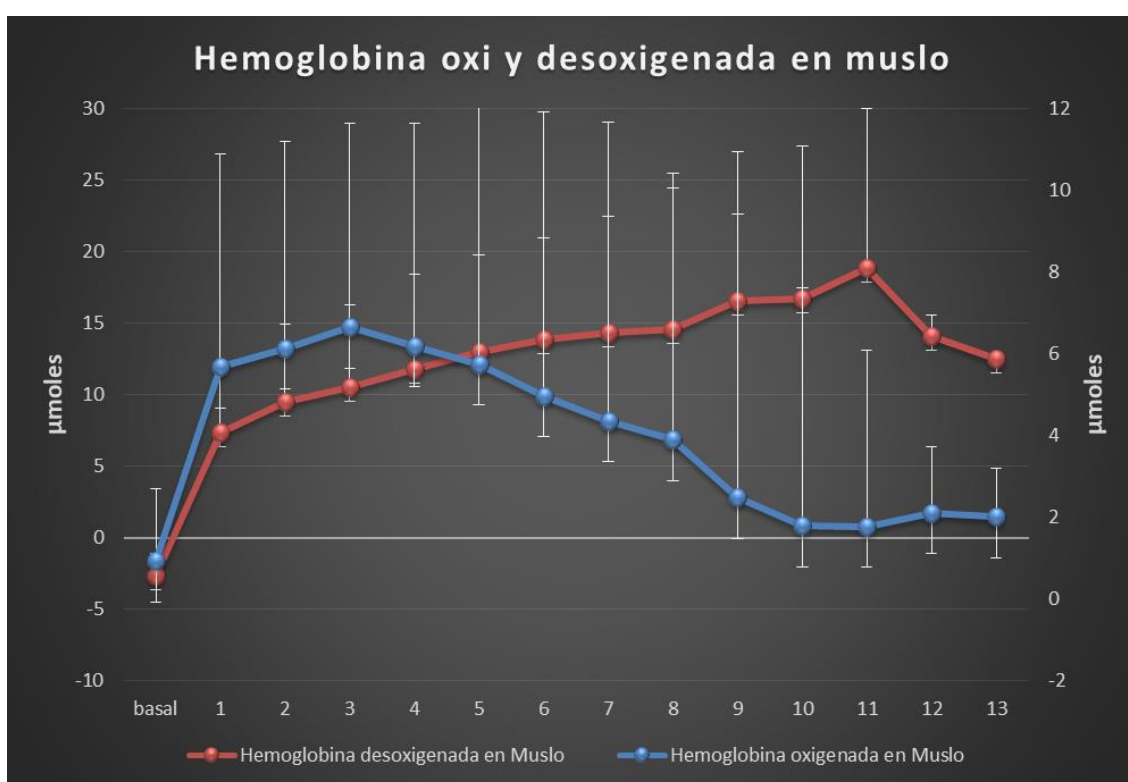


Figura 5. Comportamiento de la hemoglobina oxigenada y desoxigenada en el muslo.

En la figura 5 se observa el comportamiento de la hemoglobina oxigenada y desoxigenada en el muslo. En la prueba de metabolismo basal la hemoglobina oxigenada se encuentra por encima de la hemoglobina desoxigenada, aun estando las dos en valores negativos. En la prueba de consumo máximo de oxígeno la hemoglobina oxigenada se encuentra por encima de la hemoglobina desoxigenada en los primeros escalones de la prueba de VO₂max pero a medida que aumenta la intensidad a partir del escalón 5 hay un cambio dónde la hemoglobina oxigenada desciende y la hemoglobina desoxigenada aumenta.

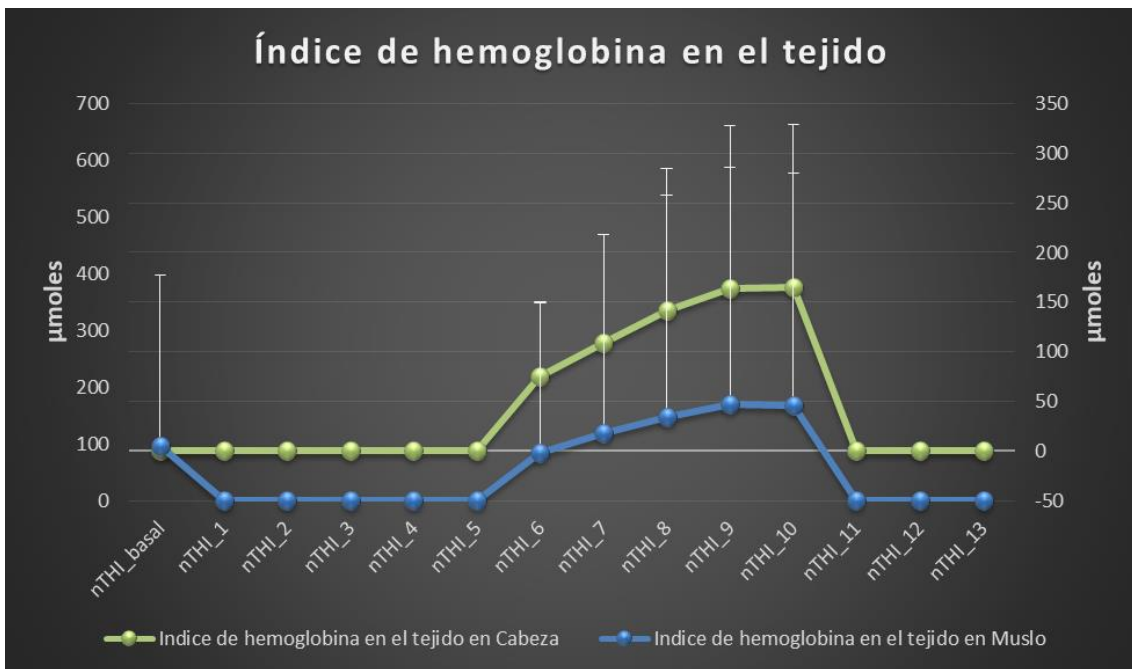


Figura 6. Comportamiento del índice de hemoglobina en el tejido en encéfalo y muslo.

En la figura 6 se puede observar el comportamiento del índice de hemoglobina en el tejido (nTHI) tanto en encéfalo como en muslo. El valor del nTHI del muslo en basal son ligeramente más altos que el nTHI de la encéfalo. En la prueba de consumo máximo de oxígeno el nTHI del muslo y del encéfalo se mantienen lineal hasta el escalón 5, dónde los valores del nTHI de la encéfalo y del muslo aumentan en su niveles más altos hasta el escalón 10 de la prueba. A partir del escalón 10 hasta el escalón 11, los valores de ambos descienden hasta colocarse al mismo nivel que los primeros 5 escalones.

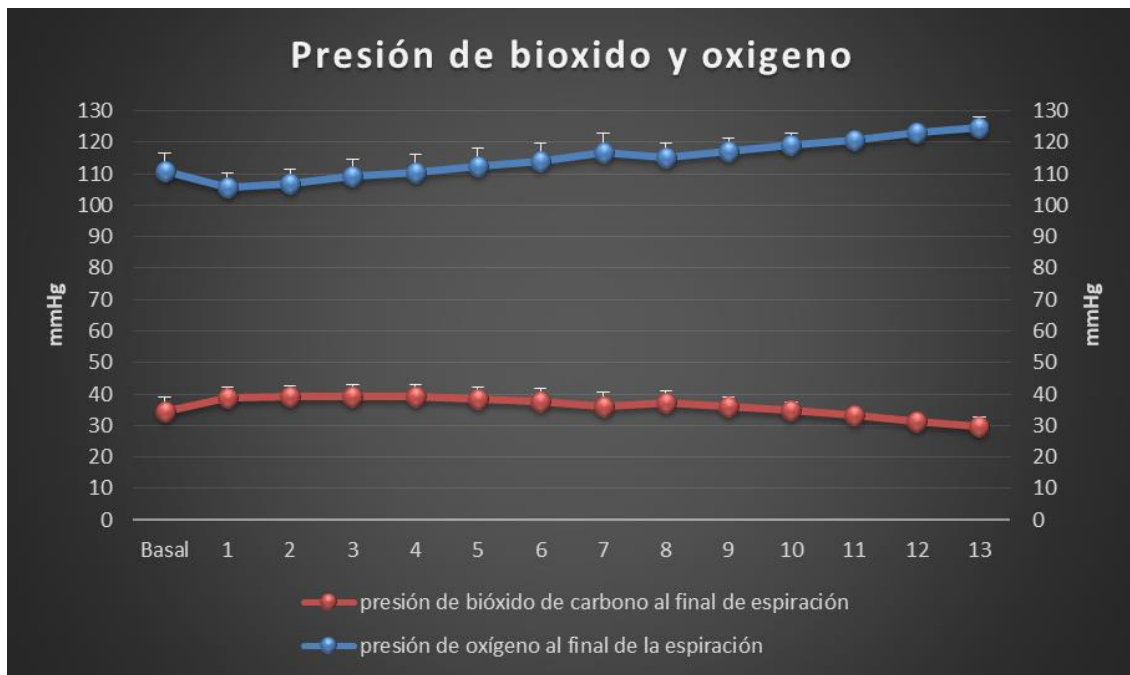


Figura 7. Comportamiento de la presión de oxígeno y de bióxido de carbono al final de la espiración.

En la figura 7 observamos el comportamiento de la presión de oxígeno y de dióxido de carbono al final de la espiración. Los valores de la presión de oxígeno se mantienen elevados entre 100 y 130 mmHg y los valores de la presión del dióxido de carbono se mantienen entre 30 y 40 mmHg. Se tiende a apreciar que el umbral anaeróbico 2, determinado por el comportamiento de la presión EndTidel (American Thoracic Society & American College of Chest Physicians, 2003). El descenso más acentuado y mantenido en la presión EndTidel del CO₂, una vez que la del O₂ se ha incrementado sistemáticamente, ocurre alrededor del escalón 11 de prueba. Es interesante, pues como se comentará más adelante en la discusión, viene a coincidir con algunos de los cambios en la cinética de la O₂HB y H₂O₂.

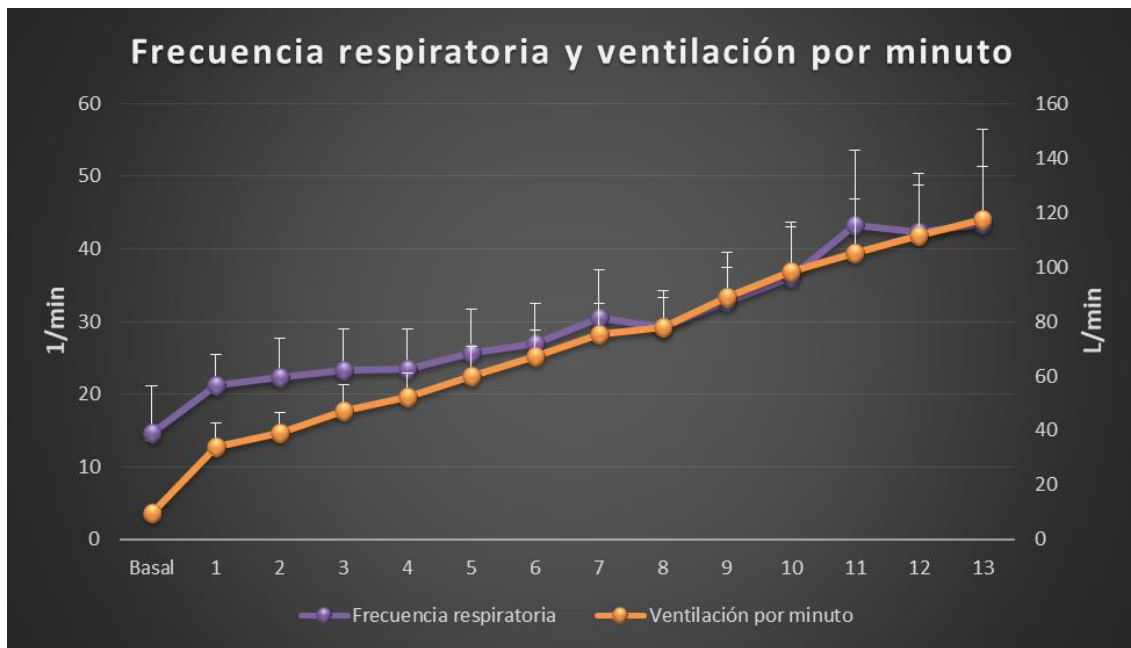


Figura 8. Comportamiento de la frecuencia respiratoria y la ventilación por minuto..

En la figura 8 los valores de la frecuencia respiratoria se mantienen por encima de la ventilación por minuto en la prueba del metabolismo basal. En los valores en la prueba de consumo máximo de oxígeno tanto de la frecuencia respiratoria como en la ventilación por minuto se incrementa a medida que aumenta la intensidad de la prueba.

7.- DISCUSIÓN

La muestra empleada, fueron de varones, pues se trataba de realizar un estudio piloto para ver la viabilidad futura de un estudio más ambicioso, y para homogenizar la reducida muestra se emplearon como sujetos de estudio a varones, con un IMC superior a 30. En estado basal, no hubo ninguno que presentara un metabolismo basal diferente al descrito como normal para este tipo de sujetos, presentando un metabolismo basal de $3,3 \pm 0,7$ ml/Kg/min, como se puede apreciar en el anexo a este trabajo. Tampoco presentaba ninguno desaturación arterial.

El objeto principal del estudio era ver la cinética de las diferentes porciones de hemoglobina durante la realización de un esfuerzo máximo. El consumo pico de nuestra muestra fue de $29,3 \pm 11,9$ ml/kg/min, (anexo) que para una muestra de esta edad, es un consumo de oxígeno normal de personas sanas no entrenadas.

De los datos ergométricos comentar que la Ventilación máxima fue de $117,5 \pm 22,8$ litros minutos. Ventilación que al tratarse de una ergometría realizada sobre un cicloergómetro, podemos considerarla normal.

La prueba ha sido máxima, pues podemos observar (anexos), que la frecuencia cardiaca máxima fue de alrededor de $183,1 \pm 9,6$ latidos por minuto, lo que coincide con la máxima frecuencia cardiaca teórica máxima para la edad de nuestra muestra. Y otro de los criterios clásicos para determinar la maximidad de la ergometría es el Cociente Respiratorio, que en el máximo de las cargas en nuestra muestra rondaba el valor de 1,30, muy superior al clásico de 1,1 para considerar la prueba máxima.

Durante la progresión del ejercicio hemos observado que se incrementa paulatinamente la cantidad de hemoglobina oxigenada, con un ligero aplanamiento a partir de la zona del umbral anaeróbico 2, y también lo hace con un comportamiento similar hasta la zona del umbral anaeróbico la HHb, pues a partir de ahí en lugar de disminuir como la oxigenada lo que hace es aumentar. La hemoglobina total (O₂Hb más HHb), se va incrementando. Sabemos que una de las limitaciones del NIRS es que cuando no medimos el flujo sanguíneo no podemos determinar el consumo de oxígeno tisular, (Ferrari, Mottola, & Quaresima, 2004).

Sin embargo, y a pesar de la dificultad para medir el flujo sanguíneo cerebral durante el esfuerzo, (Tymko, Ainslie, & Smith, 2018), si aceptamos los resultados de estudios que lo han medido, (Sato, Ogoh, Hirasawa, Oue, & Sadamoto, 2011), y que muestran que el flujo sanguíneo cerebral se modifica poco, pues se mantiene el flujo de la carótida interna

a la vez que aumenta el de la carótida externa pues nuestro organismo da prioridad al mantenimiento de la temperatura y el incremento de la sangre a la cara facilita la pérdida de calor. Pues bien si aceptamos estos datos y razonamientos, observamos que la oferta de oxígeno a nuestro encéfalo se va incrementando durante el esfuerzo, a la vez que el consumo también pues también aumenta la HHb (desoxigenada). Es curioso que cuando se llega a la zona del umbral anaeróbico, se incrementa de forma importante la hemoglobina desoxigenada mientras se reduce la oxigenada, que traduciría o bien una disminución del flujo sanguíneo o bien un descenso del consumo de oxígeno por parte de nuestro cerebro al sobrepasar esa carga de trabajo.

En lo referente al músculo, dado que al pedalear el vasto externo es uno de los músculos más activos, nosotros monitorizamos con el NIRS una zona del vasto externo. En el músculo estriado, durante el esfuerzo, el flujo tiene un mayor margen de variación que el cerebro. A pesar de que no hemos monitorizado el flujo, se observa cómo durante las fases iniciales se incrementa de forma notable tanto la hemoglobina oxigenada como la no oxigenada. Sin embargo alrededor del 20% de la potencia mecánica máxima, va disminuyendo la oxigenada mientras sigue incrementándose la desoxigenada. Y dado que el VO₂ medido en los gases espirados se sigue incrementando a partir de esta carga, esta diferente cinética de la O₂HHb y de la HHb, pone de manifiesto el incremento del consumo de oxígeno por parte del músculo vasto lateral. Por otra parte, el incremento de la Hbt_{total} (O₂HHb más HHb) nos releja el incremento importante del flujo sanguíneo.

También es de destacar, que a partir de la zona del umbral anaeróbico hay un compromiso de flujo sanguíneo pues la Hbt_{total} disminuye, sin incrementarse la oxigenada.

Estos datos nos animan a plantear ahora sí, un estudio más amplio, con una muestra mayor.

8.- CONCLUSIÓN

Tras analizar los datos obtenidos en el presente estudio, se puede concluir que:

- 1) En hombres obesos, durante la prueba incremental, a nivel central (encéfalo), el suministro de hemoglobina oxigenada (O₂Hb) no está limitada a medida que la intensidad de la prueba aumenta, al menos hasta la zona del umbral anaeróbico 2.
- 2) A nivel local (muslo), durante la prueba incremental y a medida que aumenta la intensidad de moderado a alto, la hemoglobina desoxigenada (HHb) aumenta progresivamente predominando a la hemoglobina oxigenada (O₂Hb)

8.- BIBLIOGRAFÍA

- American Thoracic Society, & American College of Chest Physicians. (2003). ATS/ACCP Statement on Cardiopulmonary Exercise Testing. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 167(2), 211–277. <http://doi.org/10.1164/rccm.167.2.211>
- Andreoli, A., Garaci, F., Cafarelli, F. P., & Guglielmi, G. (2016). Body composition in clinical practice. *European Journal of Radiology*, 85(8), 1461–1468. <http://doi.org/10.1016/J.EJRAD.2016.02.005>
- Aranceta-Bartrina, J., Pérez-Rodrigo, C., Alberdi-Aresti, G., Ramos-Carrera, N., & Lázaro-Masedo, S. (2016). Prevalencia de obesidad general y obesidad abdominal en la población adulta española (25–64 años) 2014–2015: estudio ENPE. *Revista Española de Cardiología*, 69(6), 579–587. <http://doi.org/10.1016/J.RECESP.2016.02.010>
- Bellotti, C., Calabria, E., Capelli, C., Exerc, S. P.-M. S. S., & 2013, undefined. (n.d.). Determination of maximal lactate steady state in healthy adults: can NIRS help. *Academia.Edu*.
- Bhambhani, Y. N. (2004). Muscle Oxygenation Trends During Dynamic Exercise Measured by Near Infrared Spectroscopy. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 29(4), 504–523. <http://doi.org/10.1139/h04-033>
- Binzoni, T., Cooper, C. E., Wittekind, A. L., Beneke, R., Elwell, C. E., Van De Ville, D., & Leung, T. S. (2010). A new method to measure local oxygen consumption in human skeletal muscle during dynamic exercise using near-infrared spectroscopy. *Physiological Measurement*, 31(9), 1257–1269. <http://doi.org/10.1088/0967-3334/31/9/014>
- Choi, J., Banks, A., Estall, J., Kajimura, S., & Boström, P. (2010). Anti-diabetic drugs inhibit obesity-linked phosphorylation of PPAR by Cdk5. *Nature*.
- Ciangura, C., Carette, C., Faucher, P., Czernichow, S., & Oppert, J.-M. (2017). Obesidad del adulto. *EMC - Tratado de Medicina*, 21(2), 1–10. [http://doi.org/10.1016/S1636-5410\(17\)84245-8](http://doi.org/10.1016/S1636-5410(17)84245-8)
- Compher, C., Frankenfield, D., Keim, N., & Roth-Yousey, L. (2006). Best Practice Methods to Apply to Measurement of Resting Metabolic Rate in Adults: A Systematic Review. *Journal of the American Dietetic Association*, 106(6), 881–903. <http://doi.org/10.1016/j.jada.2006.02.009>
- Counterweight Project Team, C. P. (2008). Influence of body mass index on prescribing costs and potential cost savings of a weight management programme in primary care. *Journal of Health Services Research and Policy*. <http://doi.org/10.1258/jhsrp.2008.007140>
- de Oliveira, B. A. P., Nicoletti, C. F., de Oliveira, C. C., Pinhel, M. A. de S., Quinhoneiro, D. C. G., Noronha, N. Y., ... Nonino, C. B. (2018). A new resting metabolic rate equation for women with class III obesity. *Nutrition*, 49, 1–6. <http://doi.org/10.1016/J.NUT.2017.11.024>
- Ferrari, M., Mottola, L., & Quaresima, V. (2004). Principles, techniques, and limitations of near infrared spectroscopy. *Canadian Journal of Applied Physiology = Revue Canadienne de Physiologie Appliquée*, 29(4), 463–87. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15328595>
- Ferrari, M., Muthalib, M., & Quaresima, V. (2011). The use of near-infrared spectroscopy in understanding skeletal muscle physiology: recent developments. *Philosophical Transactions. Series A, Mathematical, Physical, and Engineering Sciences*, 369(1955), 4577–90. <http://doi.org/10.1098/rsta.2011.0230>
- Ferrari, M., & Quaresima, V. (2012). A brief review on the history of human functional near-

- infrared spectroscopy (fNIRS) development and fields of application. *NeuroImage*, 63(2), 921–935. <http://doi.org/10.1016/J.NEUROIMAGE.2012.03.049>
- Fontana, F. Y., Keir, D. A., Bellotti, C., De Roia, G. F., Murias, J. M., & Pogliaghi, S. (2015). Determination of respiratory point compensation in healthy adults: Can non-invasive near-infrared spectroscopy help? *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(5), 590–595. <http://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.07.016>
- Frayn, K. N. (1983). Calculation of substrate oxidation rates in vivo from gaseous exchange. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*, 55(2), 628–34. <http://doi.org/10.1152/jappl.1983.55.2.628>
- Gallus, S., Lugo, A., Murisic, B., Bosetti, C., Boffetta, P., & La Vecchia, C. (2015). Overweight and obesity in 16 European countries. *European Journal of Nutrition*, 54(5), 679–689. <http://doi.org/10.1007/s00394-014-0746-4>
- Gayda, M., Lapierre, G., Dupuy, O., Fraser, S., Bherer, L., Juneau, M., ... Nigam, A. (2017). Cardiovascular and cerebral hemodynamics during exercise and recovery in obese individuals as a function of their fitness status. *Physiological Reports*, 5(12). <http://doi.org/10.14814/phy2.13321>
- González-Alonso, J., Dalsgaard, M. K., Osada, T., Volianitis, S., Dawson, E. A., Yoshiga, C. C., & Secher, N. H. (2004). Brain and central haemodynamics and oxygenation during maximal exercise in humans. *The Journal of Physiology*, 557(1), 331–342. <http://doi.org/10.1113/jphysiol.2004.060574>
- Jones, S., Chiesa, S. T., Chaturvedi, N., & Hughes, A. D. (2016). Recent developments in near-infrared spectroscopy (NIRS) for the assessment of local skeletal muscle microvascular function and capacity to utilise oxygen. *Artery Research*, 16, 25–33. <http://doi.org/10.1016/j.artres.2016.09.001>
- Julian, V., Thivel, D., Pereira, B., Costes, F., Richard, R., & Duclos, M. (2016). Improving peripheral and central vascular adjustments during exercise through a training program in adolescents with obesity. *Obesity Facts*, 9(5), 321–331. <http://doi.org/10.1159/000447456>
- Lukaski, H. C. (2009). Evaluation of body composition: why and how? *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 2(1), 1–10. <http://doi.org/10.1007/s12349-009-0042-x>
- Mancini, D. M., Bolinger, L., Li, H., Kendrick, K., Chance, B., & Wilson, J. R. (1994). Validation of near-infrared spectroscopy in humans. *Journal of Applied Physiology*, 77(6), 2740–2747. <http://doi.org/10.1152/jappl.1994.77.6.2740>
- Mendis, S., Davis, S., & Norrving, B. (2015). Organizational Update: The World Health Organization Global Status Report on Noncommunicable Diseases 2014; One More Landmark Step in the Combat Against Stroke and Vascular Disease. *Stroke*, 46(5), e121–e122. <http://doi.org/10.1161/STROKEAHA.115.008097>
- Miyazawa, T., Horiuchi, M., Komine, H., Sugawara, J., Fadel, P. J., & Ogoh, S. (2013). Skin blood flow influences cerebral oxygenation measured by near-infrared spectroscopy during dynamic exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 113(11), 2841–2848. <http://doi.org/10.1007/s00421-013-2723-7>
- Motta-amézquita, L. G., Barrera-fuentes, D. M., Peña-pérez, C. A., Tamaríz-cruz, O., & Ramírez-segura, E. H. (2017). Monitorización de oxigenación tisular. *Revista Mexicana de Anestesiología*, 40(10), 350–364.

- Murkin, J. M., & Arango, M. (2009). Near-infrared spectroscopy as an index of brain and tissue oxygenation. *British Journal of Anaesthesia*. <http://doi.org/10.1093/bja/aep299>
- Organization, W. H. (2011). Waist circumference and waist-hip ratio: report of a WHO expert consultation, Geneva, 8-11 December 2008.
- Pereira, M. I. R., Gomes, P. S. C., & Bhambhani, Y. N. (2007). A Brief Review of the Use of Near Infrared Spectroscopy with Particular Interest in Resistance Exercise. *Sports Medicine*, *37*(7), 615–624. <http://doi.org/10.2165/00007256-200737070-00005>
- Raleigh, C., Donne, B., & Fleming, N. (2018). Association between different Non-Invasively Derived Thresholds with Lactate Threshold during graded incremental exercise. *International Journal of Exercise Science*, *11*(4), 391–403.
- Sato, K., Ogoh, S., Hirasawa, A., Oue, A., & Sadamoto, T. (2011). The distribution of blood flow in the carotid and vertebral arteries during dynamic exercise in humans. *The Journal of Physiology*, *589*(11), 2847–2856. <http://doi.org/10.1113/jphysiol.2010.204461>
- Scheeren, T. W. L., Schober, P., & Schwarte, L. A. (2012). Monitoring tissue oxygenation by near infrared spectroscopy (NIRS): background and current applications. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, *26*(4), 279–287. <http://doi.org/10.1007/s10877-012-9348-y>
- Serra-Majem, L., & Bautista-Castaño, I. (2013). Etiology of obesity: two “key issues” and other emerging factors. *Nutricion Hospitalaria*, *28*(SUPPL.5), 32–43. <http://doi.org/10.3305/nh.2013.28.sup5.6916>
- Tremmel, M., Gerdtham, U.-G., Nilsson, P., & Saha, S. (2017). Economic Burden of Obesity: A Systematic Literature Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *14*(4), 435. <http://doi.org/10.3390/ijerph14040435>
- Tsujimoto, T., Sasai, H., Miyashita, M., Eto, M., So, R., Ohkubo, H., & Tanaka, K. (2012). Effect of weight loss on maximal fat oxidation rate in obese men. *Obesity Research & Clinical Practice*, *6*(2), e111–e119. <http://doi.org/10.1016/J.ORCP.2011.06.003>
- Tymko, M. M., Ainslie, P. N., & Smith, K. J. (2018). Evaluating the methods used for measuring cerebral blood flow at rest and during exercise in humans. *European Journal of Applied Physiology*, *118*(8), 1527–1538. <http://doi.org/10.1007/s00421-018-3887-y>
- Verney, J., Metz, L., Chaplais, E., Cardenoux, C., Pereira, B., & Thivel, D. (2016). Bioelectrical impedance is an accurate method to assess body composition in obese but not severely obese adolescents. *Nutrition Research (New York, N.Y.)*, *36*(7), 663–70. <http://doi.org/10.1016/j.nutres.2016.04.003>
- Verney, J., Schwartz, C., Amiche, S., ... B. P.-J. of human, & 2015, U. (n.d.). Comparisons of a multi-frequency bioelectrical impedance analysis to the dual-energy X-ray absorptiometry scan in healthy young adults depending on their physical. *Degruyter.Com*.
- Wood, R., Hills, A., Hunter, G., ... N. K.-M. and science, & 2010, undefined. (n.d.). Vo2max in overweight and obese adults: do they meet the threshold criteria? *Europepmc.Org*.

9.- ANEXO

Estadística de los resultados.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
BF_basal	10	6,0	24,0	14,700	6,4127
BF_1	10	15,0	28,0	21,200	4,3153
BF_2	10	14,0	28,0	22,300	5,3965
BF_3	10	14,0	30,0	23,300	5,6382
BF_4	10	14,0	31,0	23,500	5,5227
BF_5	10	15,0	32,0	25,700	5,9451
BF_6	10	17,0	35,0	27,000	5,5176
BF_7	9	18,0	40,0	30,444	6,6542
BF_8	6	22,0	34,0	29,167	4,9967
BF_9	6	23,0	41,0	32,667	6,8313
BF_10	6	26,0	44,0	36,000	6,9570
BF_11	5	34,0	58,0	43,200	10,3296
BF_12	4	34,0	48,0	42,250	6,5511
BF_13	2	38,0	49,0	43,500	7,7782
HHb_1_basal	10	- 3,074966887 4172200	- ,079735099337 7483	- 1,2368344369 86760	1,2296470860 03570
HHb_11	10	- 2,764193548 3871000	1,96387096774 19400	,40748387096 7742	1,4074543940 85370
HHb_12	10	- 2,906451612 9032300	2,56580645161 29000	,69045161290 3226	1,5654705672 38430
HHb_13	10	- 2,816451612 9032300	3,07290322580 64500	,84580645161 2903	1,6996005325 28150
HHb_14	10	- 2,214193548 3871000	3,22967741935 48400	,93125806451 6129	1,6810789996 53350
HHb_15	10	- 2,085161290 3225800	4,40838709677 41900	1,2674838709 67740	1,8877767350 17100

HHb_16	10	- 1,370645161 2903200	4,46838709677 41900	1,6352903225 80640	1,7984380769 73220
HHb_17	9	- 1,014838709 6774200	5,05903225806 45100	2,0390681003 58420	1,9295144736 88630
HHb_18	7	- ,5054838709 677420	4,87642857142 85700	2,7945742813 25430	1,8615440194 50540
HHb_19	6	,2296774193 548390	5,70354838709 67700	3,0848207885 30470	1,8739589035 24030
HHb_110	6	1,300967741 935480	7,42774193548 3870	3,8670967741 93550	2,1729505396 73370
HHb_111	5	2,866451612 9032300	8,33451612903 22600	4,6351612903 22580	2,2337780229 87810
HHb_112	4	3,696129032 258070	9,23806451612 9030	5,6844086021 50540	2,5389214068 27590
HHb_113	2	4,432903225 806450	12,0858064516 12900	8,2593548387 09680	5,4114197667 32150
HHb_2_b asal	10	- 5,499668874 1721900	- ,716688741721 8540	- 2,6090662254 90070	1,5131485616 85710
HHb_21	10	1,985483870 9677400	14,8148387096 774000	7,3868387096 77420	4,3400309104 71740
HHb_22	10	3,328387096 7741900	20,0254838709 677000	9,5218064516 12900	5,4095464260 46570
HHb_23	10	3,949032258 0645200	22,9996774193 548000	10,508064516 129000	5,7531934116 38980
HHb_24	10	5,059677419 354840	26,6987096774 19400	11,836290322 580600	6,5677826439 11980
HHb_25	10	6,093225806 451610	28,5287096774 19400	12,986258064 516100	6,7816998814 79600
HHb_26	10	6,778387096 7741900	30,7048387096 774000	13,845967741 935500	7,1124980569 58890
HHb_27	9	6,927096774 193550	33,3622580645 16100	14,336917562 724000	8,1486125666 56690

HHb_28	7	7,016428571 4285700	36,1164516129 032000	14,607385341 233300	9,8443598812 81350
HHb_29	6	9,132903225 806450	37,4377419354 83900	16,561415770 609300	10,441574577 826600
HHb_210	6	7,842580645 1612900	37,9045161290 323000	16,749892473 118300	10,685474664 715000
HHb_211	5	12,34677419 3548400	38,6558064516 12900	18,887741935 483900	11,123477206 399500
HHb_212	4	12,50774193 5483900	16,1019354838 71000	14,101854838 709700	1,4873202634 52700
HHb_213	2	12,48806451 6129000	12,6270967741 93500	12,557580645 161300	,09831065248 1095
HR_basal	10	52,45	85,30	63,2000	9,82488
HR_1	10	94,80	138,80	112,3050	12,96331
HR_2	10	96,50	153,20	116,8950	15,43552
HR_3	10	103,05	166,65	124,1100	17,40541
HR_4	10	113,60	175,65	130,8600	17,18793
HR_5	10	122,55	181,20	138,2450	16,40407
HR_6	10	132,70	187,95	145,9650	15,45995
HR_7	9	138,50	186,05	154,0333	12,88369
HR_8	6	142,25	161,55	155,7750	6,98890
HR_9	6	155,15	171,15	163,9167	5,65541
HR_10	6	159,10	184,45	171,0667	8,39289
HR_11	5	165,35	193,00	177,7600	10,03988
HR_12	4	171,25	193,15	183,1250	9,67940
HR_13	2	173,10	192,25	182,6750	13,54109
nTHI_1_ basal	10	,8394569536 423830	1,27578145695 36400	,95498543046 3576	,12086255205 8991
nTHI_11	10	,8684516129 032260	1,14522580645 16100	1,0220483870 96770	,11329059940 8958
nTHI_12	10	,7958387096 774190	1,16490322580 64500	1,0131064516 12900	,13208890576 6067
nTHI_13	10	,7948709677 419360	1,17996774193 54800	1,0128483870 96770	,12962261190 4476

nTHI_14	10	,7358709677 419350	1,18732258064 51600	,99944193548 3871	,14571144417 1086
nTHI_15	10	,7525806451 612900	1,17174193548 38700	,99748064516 1290	,14010818000 4915
nTHI_16	10	,6830322580 645160	744,639741935 4840000	75,368093548 387100	235,15813521 4477000
nTHI_17	9	,6167096774 193550	970,433333333 3330000	108,73491517 3238000	323,13695406 4546000
nTHI_18	7	,5874838709 677420	988,928571428 5710000	142,11942632 2142000	373,40778276 9071000
nTHI_19	6	,5457419354 838710	978,433333333 3330000	163,86851254 4803000	399,05369294 2441000
nTHI_11 0	6	,5777419354 838710	983,285714285 7140000	164,69131259 6006000	401,02777156 1356000
nTHI_11 1	5	,5783548387 096770	1,19267741935 48400	,97635053763 4409	,23317241150 7589
nTHI_11 2	4	,5630967741 935490	1,19825806451 61300	,96633602150 5376	,27775190750 7302
nTHI_11 3	2	1,082000000 0000000	1,22361290322 58100	1,1528064516 12900	,10013544417 4482
nTHI_2_ basal	10	,9590000000 000000	951,880795000 0000000	96,085780162 251700	300,69571898 6966000
nTHI_21	10	1,010967741 9354800	1,25622580645 16100	1,1443290322 58060	,07649248457 5640
nTHI_22	10	1,020387096 7741900	1,29812903225 80600	1,1801451612 90320	,08080244340 0688
nTHI_23	10	1,045193548 3871000	1,29100000000 00000	1,1932806451 61290	,07738228510 6666
nTHI_24	10	1,048741935 4838700	1,28874193548 38700	1,1965000000 00000	,07794464603 8030
nTHI_25	10	1,043064516 1290300	1,29025806451 61300	1,1953354838 70970	,08538065886 5537
nTHI_26	10	1,026903225 8064500	836,340483870 9680000	84,713254838 709700	264,09490174 4395000
nTHI_27	9	1,009580645 1612900	1055,09677419 35500000	118,29672043 0108000	351,30003005 9589000

nTHI_28	7	,9909642857 142860	1033,22580645 16100000	148,62070764 7575000	390,07419441 5509000
nTHI_29	6	1,151258064 5161300	1019,93548387 09700000	170,99799820 7885000	415,89273421 3921000
nTHI_21 0	6	1,134032258 0645200	1002,80645161 29000000	168,12692293 9068000	408,90779003 3824000
nTHI_21 1	5	1,135741935 4838700	1,20038709677 41900	1,1741376344 08600	,02562474717 8040
nTHI_21 2	4	1,133666666 6666700	1,19290322580 64500	1,1642392473 11830	,03154704985 4017
nTHI_21 3	2	1,123774193 5483900	1,17245161290 32300	1,1481129032 25810	,03442013331 6467
O2Hb_1_ basal	10	- 5,824437086 0927100	9,54397350993 37800	- 2,7167152320 00000	4,6469136527 02990
O2Hb_11	10	- 5,755161290 3225800	9,80903225806 45100	3,5000322580 64520	5,7985109990 20170
O2Hb_12	10	- 5,742258064 5161300	10,8987096774 194000	3,8450322580 64520	6,1370825346 60080
O2Hb_13	10	- 5,566129032 2580600	12,2935483870 968000	4,7697419354 83870	6,4836565466 78350
O2Hb_14	10	- 5,498387096 7741900	14,3103225806 452000	6,1431612903 22580	7,1203217400 00180
O2Hb_15	10	- 4,546451612 903230	16,0638709677 41900	6,8393225806 45160	7,3208294125 10940
O2Hb_16	10	- 3,583870967 7419300	19,2687096774 194000	8,1305161290 32260	7,6213150723 22530
O2Hb_17	9	- 3,196774193 5483900	23,0419354838 710000	8,7280645161 29030	8,5210359366 64210

O2Hb_18	7	- 2,687741935 4838700	17,0296774193 548000	8,7993378319 06960	6,6829133387 64320
O2Hb_19	6	- 2,472903225 8064500	19,0464516129 032000	9,6324910394 26520	7,9718616622 73820
O2Hb_11 0	6	- 1,000967741 9354800	20,1241935483 871000	10,478799283 154100	8,0753337249 27540
O2Hb_11 1	5	6,022903225 806450	23,0532258064 51600	12,9666666666 666700	7,4386895013 35770
O2Hb_11 2	4	7,323333333 333330	23,4109677419 35500	14,369865591 397900	7,1992850217 40500
O2Hb_11 3	2	10,47903225 8064500	16,5180645161 29000	13,498548387 096800	4,2702406614 81730
O2Hb_2_ basal	10	- 1,393178810 0000000	3,17807947019 86700	,92568211900 0000	1,7868156596 81390
O2Hb_21	10	- 1,734838709 6774200	16,0261290322 581000	5,6844516129 03230	5,2235055176 07220
O2Hb_22	10	- 1,315483870 9677400	13,6300000000 000000	6,1321290322 58060	5,0593645995 77960
O2Hb_23	10	- ,6400000000 000000	12,4300000000 000000	6,6493548387 09680	4,9895699909 55810
O2Hb_24	10	- 3,015161290 3225800	13,1554838709 677000	6,1977419354 83870	5,4378498195 69490
O2Hb_25	10	- 5,108064516 1290300	14,1438709677 419000	5,7437419354 83870	6,2813408152 46050
O2Hb_26	10	- 6,807419354 8387100	14,3229032258 065000	4,9753225806 45160	6,9571505095 89990
O2Hb_27	9	- 8,088064516 1290300	13,2706451612 903000	4,3582795698 92470	7,3109158084 59070

O2Hb_28	7	- 7,685161290 3225800	12,7451612903 226000	3,9032614658 76670	6,5212312558 19990
O2Hb_29	6	- 8,576129032 2580600	10,7303225806 452000	2,4776881720 43010	6,9446612181 31290
O2Hb_21 0	6	- 6,781290322 5806500	8,64354838709 67700	1,7882258064 51610	5,8225117563 61310
O2Hb_21 1	5	- 5,227419354 8387100	5,80935483870 96800	1,7761075268 81720	4,3097566757 03310
O2Hb_21 2	4	,3619354838 709680	3,62193548387 09700	2,1082258064 51610	1,6178366378 43860
O2Hb_21 3	2	1,182903225 8064500	2,84451612903 22600	2,0137096774 19350	1,1749377515 78030
PETCO2 _basal	10	26,44	40,15	34,2990	4,55334
PETCO2 _1	10	33,14	45,09	38,6310	3,65701
PETCO2 _2	10	33,94	45,82	39,4010	3,28011
PETCO2 _3	10	34,51	45,47	39,2800	3,68417
PETCO2 _4	10	34,11	45,56	39,3190	3,81067
PETCO2 _5	10	33,21	44,84	38,4790	3,82760
PETCO2 _6	10	31,58	44,40	37,7480	4,18793
PETCO2 _7	9	28,35	43,59	36,0011	4,80314
PETCO2 _8	6	33,74	41,53	37,3683	3,54158
PETCO2 _9	6	31,97	40,29	36,0733	3,07778

PETCO2 _10	6	30,43	37,03	34,7900	2,50841
PETCO2 _11	5	31,53	34,88	33,3520	1,19807
PETCO2 _12	4	28,88	32,30	31,1500	1,55216
PETCO2 _13	2	27,74	31,79	29,7650	2,86378
PETO2_b asal	10	102,58	121,85	110,8380	5,61976
PETO2_1	10	96,50	110,46	105,8330	4,27416
PETO2_2	10	97,81	111,89	106,9070	4,39138
PETO2_3	10	99,84	117,61	109,0510	5,68707
PETO2_4	10	101,16	118,24	110,3160	5,63677
PETO2_5	10	103,43	120,31	112,5820	5,47889
PETO2_6	10	104,93	122,62	113,8810	5,88319
PETO2_7	9	106,50	126,35	116,6722	6,34655
PETO2_8	6	109,92	121,30	115,2800	4,39507
PETO2_9	6	111,89	124,20	117,3317	4,12817
PETO2_1 0	6	116,23	126,07	119,2100	3,50658
PETO2_1 1	5	118,52	123,25	120,8860	1,89366
PETO2_1 2	4	121,20	126,22	123,0725	2,20770
PETO2_1 3	2	122,47	126,90	124,6850	3,13248
RER_1	10	,76	,91	,8570	,05889
RER_10	6	1,13	1,25	1,1950	,04637
RER_11	5	1,16	1,26	1,2300	,04243
RER_12	4	1,21	1,31	1,2500	,04320
RER_13	2	1,24	1,30	1,2700	,04243
RER_2	10	,85	1,00	,9250	,05401

RER_3	10	,90	1,10	,9960	,06569
RER_4	10	,90	1,14	1,0210	,07156
RER_5	10	1,00	1,18	1,0650	,06241
RER_6	10	1,00	1,21	1,0940	,07648
RER_7	9	1,00	1,30	1,1356	,08368
RER_8	6	1,10	1,16	1,1100	,02449
RER_9	6	1,08	1,21	1,1650	,04461
RER_bas al	10	,76	,97	,8520	,06161
VO2/kg_ 1	10	8,9	19,4	13,490	3,2185
VO2/kg_ 10	6	16,7	32,7	26,133	6,0612
VO2/kg_ 11	5	15,1	34,2	26,920	7,8312
VO2/kg_ 12	4	17,3	37,0	26,150	8,6543
VO2/kg_ 13	2	20,9	37,8	29,350	11,9501
VO2/kg_ 2	10	10,6	19,5	15,160	2,6912
VO2/kg_ 3	10	13,3	22,6	17,070	3,3123
VO2/kg_ 4	10	13,7	23,0	18,480	3,3105
VO2/kg_ 5	10	14,4	24,9	19,950	3,7212
VO2/kg_ 6	10	15,5	26,9	21,660	3,9820
VO2/kg_ 7	9	17,0	27,7	22,244	3,5154
VO2/kg_ 8	6	17,7	28,6	23,133	4,3528
VO2/kg_ 9	6	18,4	30,8	24,983	4,5749

VO2/kg_ basal	10	1,9	4,3	3,150	,7561
N válido (por lista)	2				
V'E_basa l	10	8	14	9,9	1,912
V'E_1	10	24	53	33,9	8,7235
V'E_2	10	29	54	39	7,4237
V'E_3	10	31	63	47,3	9,7074
V'E_4	10	39	67	52,5	8,6955
V'E_5	10	43	77	60,2	10,6124
V'E_6	10	56	82	67,2	9,773
V'E_7	9	60	92	75,222	11,3113
V'E_8	6	65	91	77,833	10,852
V'E_9	6	78	109	88,833	10,8336
V'E_10	6	77	123	98,5	18,1411
V'E_11	5	76	122	105	20,1494
V'E_12	4	90	138	111,5	22,8692
V'E_13	2	94	141	117,5	33,234