

**EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO HIPOXICO INTERMITENTE EN
DEPORTISTAS PARALÍMPICOS EN LA MODALIDAD DE ATLETISMO**

**EFFECTS OF INTERMITTENT HYPOXIC TRAINING ON PARALYMPIC
ATHLETICS IN THE MODALITY OF ATHLETICS**

Rafael Enrique Lozano Zapata¹

John Leonard Chávez Campaña²

¹Docente de planta Universidad de Pamplona. Escalafón Asistente Ph.D

²Estudiante Maestría Universidad de Pamplona. Licenciado

RESUMEN

El entrenamiento deportivo es fundamental a través de la preparación de los deportistas y más aún cuando se trabaja a determinadas alturas sobre el nivel del mar, de esta manera en la presente investigación se fundamentó en realizar un trabajo de adaptación en altitud con deportistas de atletismo paralímpicos y caracterizar esta población deportiva, ya que son escasos los estudios en la literatura, desarrollando inicialmente un protocolo de laboratorio sobre un ergómetro estera sin fin, con análisis de gases directo para conocer sus características fisiológicas, participaron 6 sujetos con discapacidad visual de la Liga de atletismo de Cundinamarca, donde 4 fueron de género masculino y 2 femenino, a partir de este momento dio inicio a un plan de entrenamiento en altura, el cual se continua trabajando, ya que la investigación está en curso y una duración de 6 meses, con sesiones específicas con hipoxia ante el esfuerzo físico y adaptaciones con el fin de optimizar el rendimiento de los atletas, encontrando resultados tomados en el laboratorio de fisiología del ejercicio de la Unidad Ciencias del Deporte de Bogotá (UCAD), se han determinado valores medios del Volumen Máximo de Oxígeno consumido durante el esfuerzo (VO_2 máx.) de $52,5 \pm 7,71$ ml.kg.min, una frecuencia cardiaca máxima de $174,5 \pm 3,94$ ppm y una velocidad de desplazamiento de $14,25 \pm 1,90$ km/h, de esta manera se ha logrado caracterizar a los deportistas, encontrando variables muy altas y favorables para esta modalidad deportiva, teniendo en cuenta su condición de discapacidad.

PALABRAS CLAVE: Entrenamiento en hipoxia, deporte adaptado, atletismo y test de laboratorio.

EFFECTS OF INTERMITTENT HYPOXIC TRAINING ON PARALYMPIC ATHLETICS IN THE MODALITY OF ATHLETICS

ABSTRACT

Sports training is essential through the preparation of athletes and even more so when working at certain heights above sea level, in this way in this research it was based on carrying out an adaptation work at altitude with Paralympic athletic athletes and to characterize this sports population, since there are few studies in the literature, will develop a laboratory protocol on an endless mat ergometer, with direct gas analysis to know its physiological characteristics, 6 subjects with visual impairment from the Athletics League participated. from Cundinamarca, where 4 were male and 2 female, from this moment began a height training plan, which continues to work, since the investigation is ongoing and lasts for 6 months, with sessions with hypoxia in the face of physical effort and adaptations in order to optimize the performance of athletes, Using results taken in the exercise physiology laboratory of the Sports Sciences Unit of Bogotá (UCAD), mean values of the Maximum Volume of Oxygen consumed during the effort ($VO_2 \text{ max.}$) of $52.5 \pm 7.71 \text{ ml.kg.min}$, have been determined, a maximum heart rate of $174.5 \pm 3.94 \text{ bpm}$ and a displacement speed of $14.25 \pm 1.90 \text{ km / h}$, in this way it has been possible to characterize the athletes, finding very high variables and favorable for this sport, taking into account their disability status.

KEYWORDS: Training in hypoxia, adapted sport, athletics and laboratory test.

INTRODUCCION

El entrenamiento deportivo es un proceso sistémico, científico y pedagógico que garantiza la preparación deportiva de atletas (Ríos M., 2005; Ogueta et al., 2016); implica dinámicas bioadaptativas que generan cambios corporales, lo cuales de manera gradual permiten al deportista alcanzar niveles óptimos y mejorados en el rendimiento, cuando se encuentra expuesto a determinadas condiciones. En este proceso el entrenador debe adaptar los métodos de entrenamiento o preparación física para los deportistas de manera sistemática, organizada y planificada de acuerdo a la modalidad deportiva, al tipo de deportista y los objetivos y metas que se han trazado para tal fin.

Dentro de los procesos de preparación física, uno de los entrenamientos que involucra mayor estructura y planificación es el entrenamiento en altura (condiciones hipóxicas o normoxicas), el cual requiere de la aplicación de estímulos a través de cargas físicas que provocan bio-adaptaciones orgánicas al esfuerzo, y por ende una supercompensación que permite el incremento gradual del rendimiento, este incremento se refleja en trastornos morfofuncionales específicos del organismo, por tanto, se requiere de control físico, médico y biológico. El trabajo físico provoca adaptaciones orgánicas considerables al someter al organismo a una planificación sistemática, en la cual se potencia la aplicación de métodos más óptimos, como lo es para este caso particular el entrenamiento en altura. (Calero Morales et al., 2017)

El entrenamiento en altura, actualmente es implementado para deportes tanto individuales como grupales, ya que en el ámbito deportivo se reconoce la importancia de preparar los deportistas en temas de resistencia aeróbica principalmente. Los estudios sobre los métodos de entrenamiento empleados en altura son variados, pero no son numerosos, algunos son controversiales, otros cuenta con una base de corroboración amplia que invita a seguir indagando sobre los efectos que trae este tipo de entrenamiento sobre el rendimiento y el mejoramiento físico gradual de las condiciones de los deportistas.

A nivel internacional los pioneros en este tipo de entrenamiento son los estadounidenses, seguidos por los holandeses, pese a esto, el mayor número de estudios reportados se encuentran en Latinoamérica, en países como Bolivia, México, Venezuela y principalmente Ecuador, este último con amplio número de reportes debido a las condiciones de altitud propias del país. Con respecto al panorama nacional los reportes indican el desarrollo de investigaciones en los departamentos de Valle y en Cundinamarca.

De acuerdo a lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo principal determinar los efectos del entrenamiento hipóxico intermitente en deportistas paralímpicos en la modalidad de atletismo de la selección Bogotá; la población objeto de estudio se determinó debido al escaso número reportes de investigaciones a nivel nacional sobre la implementación y efectividad de métodos de entrenamiento y acondicionamiento físico en altura o bajo condiciones de hipoxia con deportista paralímpicos.

Adicionalmente, resulta importante destacar que el desarrollo de este trabajo hace parte de una experiencia funcional y propia dentro del ejercicio académico, profesional y laboral, partiendo de que el proceso de formación posgradual en el permite y conlleva a adquirir y perfeccionar competencias sobre un ámbito académico propio, que de manera adecuada debe ser extrapolado al mundo laboral y al contexto específico en el cual se enmarcan los propósitos de formación del programa de maestría, por lo tanto , la importancia de llevar lo académico al mundo laboral propio de los autores, es una de las mejores formas de dar cuenta de que la apuesta de formación se utiliza, emplea o desarrolla en el ámbito deportivo puro a través de la intervención experimental de un método de entrenamiento hipóxico intermitente –IHT- con deportistas paralímpicos con los cuales los autores buscan potencializar sus capacidades físicas y mejorar su rendimiento deportivo.

MARCO TEORICO

Los estudios acerca de los efectos de la altitud sobre las condiciones fisiológicas de las personas se remontan a inicios del siglo XVII, donde nace y comienza a desarrollarse la fisiología de altura, la cual tomo fuerza mediante el descubrimiento del barómetro por Torricelli, y de las propiedades del Oxígeno por parte de Antoine Laurent Lavoisier y sus colaboradores. Años más tarde la influencia de la física en Francia, permitió a Robert Boyle y a Edme Mariotte a partir de los estudios de Pascal establecer la ley que lleva sus nombres entre la presión atmosférica y la altura, así como la relación inversa entre el volumen de gas y la presión. En 1671 Boyle construyó un modelo mejorado de la máquina neumática y repitió los experimentos realizados por Guericke colocando pequeños animales, pájaros, insectos y plantas debajo de campanas al vacío, demostrando que había en el aire una "esencia esencial" para la vida. A medida que se disminuía la presión barométrica, la "esencia disminuía" y la vida se hacía insostenible. Boyle en 1671, hizo su primer "ascenso" a 3000 pies en una cámara descompresiva sin evidenciar efectos dañinos sobre su cuerpo; estos fueron los inicios de la investigación

de la fisiología de altura. De tal manera que, con esta fundamentación teórica desde sus inicios, damos pie para continuar con la literatura actual a nivel científica con relación al tema de la hipoxia y su adaptación.

Estudios de entrenamiento en altura a nivel internacional

En el año 2016, Brocherie, F.; Girard, O.; Fais, R., y Millet, G. P; desarrollaron una revisión teórica acerca de los métodos tradicionales de entrenamiento en altura desafiado por un método innovador y específico en hipoxia, en dicho estudio, se resalta la escasa literatura existente sobre entrenamiento en altitud, en cuanto a métodos, tipos de entrenamiento y otros aspectos relevantes que podrían generar grandes aportes en materia de entrenamiento bajo condiciones de hipoxia, conducentes a evaluar los beneficios potenciales del entrenamiento en altitud en deportes intermitentes.

A pesar de la creencia de que la estancia en altitud es una estrategia prometedora en deportes de equipo según lo reportado por Bartsch, Dvorak et al, 2008, y Millet et al 2012, los beneficios de la altitud sobre el rendimiento relacionado con partidos (capacidad de sprints repetidos, RSA) y los sistemas fisiológicos relevantes con atletas de deportes de equipo aún necesitan que se establezcan en protocolos de prueba más específicos de cada deporte (ajuste ecológico de prueba); si bien los resultados de los protocolos bien diseñados en los límites de la "investigación aplicada" (p. ej., el resultado directamente aplicado en el ambiente deportivo) y a través de la "investigación fundamental" (p. ej., el enfoque mecánico) resultan útiles, la traducción del conocimiento científico a un entorno práctico es generalmente pobre (Crowley, 2003), especialmente debido a los problemas inherentes de la transferencia (por ejemplo las actitudes conservadoras de entrenamiento, la formación técnica desactualizada) en aplicaciones deportivas profesionales.

Los Protocolos bien diseñados utilizando condiciones específicas a los deportes de equipo (por ejemplo, para jugadores de fútbol, sobre césped natural con botas de fútbol) permiten una discusión mejor informada sobre cómo aplicar mejor las conclusiones de investigación en condiciones de campo y viceversa, sobre cómo los experimentos aplicados pueden ser utilizados para obtener una comprensión más profunda de los mecanismos inherentes. Para alcanzar estos objetivos, la innovación tecnológica se percibe generalmente como catalizadora para llevar a cabo investigaciones aplicadas relevantes en el ajuste ecológico más específico del deporte con el fin de cerrar la brecha entre ciencias, práctica y aplicación de programas de entrenamiento.

Dentro de los procesos de entrenamiento y competición los deportistas deben enfrentar y adaptarse a ciertas condiciones o factores ambientales, el factor de altitud es considerado como uno de los más importantes y preponderantes frente al acondicionamiento físico. Según Chapman, 2013, el entrenamiento en altura hace referencia a aquella práctica mediante la cual los deportistas efectúan estancias o entrenamientos en zonas situadas, por lo general, a más de 2000 metros de altitud, la cual genera una situación de hipoxia o también conocida como falta de oxígeno, así como una serie de respuestas y adaptaciones fisiológicas en el organismo que permiten un funcionamiento adecuado bajo estas condiciones.

De tal manera que es muy escasa la literatura en esta temática y más aun con el deporte paralímpico, donde a través de la presente investigación generaremos nuevos conocimientos y características propias de los deportistas, para categorizarlos y poder definir un perfil fisiológico ante un estímulo en hipoxia, para lograr una adaptación y mostrar sus capacidades de cambio en el esfuerzo físico.

METODOLOGIA

El presente estudio se ha desarrollado bajo un enfoque experimental cuantitativo, que consiste en un:

Trabajó con 6 deportistas paralímpicos en la modalidad de atletismo que residen en la ciudad de Bogotá, donde 4 son de género masculino y 2 femenino. La discapacidad que prevalece en los sujetos de estudio es la ceguera, por tanto, para competencia y entrenamiento requieren de guía, sumado a ello, estos deportistas son los que conforman la selección paralímpica de atletismo de la ciudad en mención.

Previo a el control de todas las variables, se hizo firmar un consentimiento informado por escrito a todos los participantes, donde se les explico los propósitos de la investigación y lo que se llevaría a cabo durante la intervención.

Posteriormente y antes de llevar a cabo con los deportistas el método de Entrenamiento Hipóxico Intermitente (IHT), se les tomó pruebas iniciales de laboratorio: VO²max, resistencia aeróbica láctica, parámetros hematológicos, estudio antropométrico y registro de su marca (tiempo-marca) actual en su modalidad deportiva. El test de

laboratorio se llevó a cabo en Unidad Ciencias del Deporte de Bogotá (UCAD), el cual se realizó sobre una banda sin fin, marca COSMOS / QUASAR y el protocolo que desarrollo fue iniciando en 9 km/h velocidad de desplazamiento donde cada 60 segundos se aumentaba la velocidad en 1 km/h, con una pendiente fija del 2 %, esto hasta llegar al cansancio. Las variables ventilatorias se han controlado con el analizador de gases CORTEX METALYZER 3B.

Posteriormente se ha desarrollado la fase experimental a IHT a sesiones de entrenamiento semanales por 6 meses, ya que la investigación está en curso, pero ya se tienen resultados relevantes dentro del proceso, logrando conocer las características fisiológicas propias de esta disciplina deportiva y así optimizar el rendimiento deportivo de los atletas.

Una vez obtenidos los resultados se realizó su respectivo análisis, así comparar con las escasas referencias encontradas en la literatura científica sobre el deporte adaptada o paraolímpico, con este tipo de discapacidad y a su vez describir esta población deportiva, teniendo en cuenta la modalidad y la discapacidad.

El tratamiento estadístico, fue a través de las variables mencionadas anteriormente y de forma descriptiva, donde se tomaron valores medios de acuerdo a la muestra participante y valores de desviación estándar.

RESULTADOS Y DISCUSION

Antes de iniciar con el test de laboratorio se tomaron las características de todos los deportistas que son de la modalidad de atletismo con discapacidad visual, en la tabla # 1 se muestran las variables físicas de los sujetos participantes, donde se observan valores medios y desviación estándar, donde los hombres encontramos un valor medio de menor edad en relación a las mujeres y la talla es más elevada para las mujeres en relación a los hombres, en cuanto a la masa corporal total son muy similares.

<i>Sujeto</i>	<i>Genero</i>	<i>Edad (años)</i>	<i>Discapacidad</i>	<i>Estatura (cm)</i>	<i>Masa Corporal (Kg)</i>
<i>I</i>	M (n=4)	26,75±9,91	Visual	166,25±8,73	61,50±2,87

2 | F (n=2) 36±0 Visual 170,5±3,54 64,8±5,66

Tabla # 1. Características físicas de los participantes en la investigación

Posteriormente al obtener los diferentes resultados encontrados a través de la investigación, se mostrarán teniendo en cuenta las pruebas pre esfuerzo tomadas en un laboratorio de analítica sanguínea, para conocer los niveles de hematocrito y hemoglobina, propio del trabajo de los deportistas y más aún si se hace adaptación en altura, es fundamental determinar estas características, así conocer el biotipo específico para los trabajos en altura y optimizar el rendimiento. (Tabla # 2)

Variables Sanguínea (n=6)	Analítica	Hemoglobina (g/dl)	Hematocrito (%)
		16,1 ± 1,68	46,70 ± 4,70

Tabla # 2. Variables Analítica Sanguínea Pre-esfuerzo

En cuanto a las variables controladas en el test de laboratorio, el cual se desarrolló sobre una banda sin fin marca COSMOS / QUASAR, teniendo en cuenta que el protocolo se estandarizo y se realizó con un calentamiento previo a baja intensidad sobre el mismo ergómetro durante 5 minutos, posteriormente se dio inicio a la prueba donde la velocidad de desplazamiento fue de 9 km/h, cada 60 segundos se aumentada la velocidad de desplazamiento en 1 km/h, hasta que el deportista no pudiera tolerar la intensidad impuesta por ende se termina el test, la gradiente se mantuvo constante al 2 %, durante el test se controló constantemente la frecuencia cardiaca con un medidor cardiaco y las variables ventilatorios se controlaron por medio de análisis de gases de fabricación alemana, CORTEX METALYZER 3B, donde el equipo media variables como ventilación pulmonar (VE), volumen máximo de oxígeno (VO₂ máx.), cociente respiratorio (R) y tasa metabólica en esfuerzo (MET`S)

En la tabla # 3 se pueden observan los resultados encontrados a través de la prueba de laboratorio sobre la banda sin fin, donde se discriminan por género y teniendo en cuenta cada una de las variables ventilatorios controladas, así dando a conocer características propias de la disciplina deportiva del atletismo con discapacidad visual, para que en la segunda fase del trabajo se lleve a cabo las adaptaciones y trabajo en altitud, para ver qué cambios se generan luego de esta intervención.

Variables prueba de laboratorio	VO2 máx. (ml.kg/min)	VE (l.min)	R	METS	FC máx
Hombres (n=4)	56,5±7,14	119,70±29	1,08±0,34	16,13±4,51	176±4,24
Mujeres (n=2)	44,5±3,54	122,48±7,53	1,12±0,01	12,75±1,06	171,5±3,54

Tabla # 3. Variables controladas en la prueba de laboratorio sobre la banda sin fin

En la figura # 1, se puede observar uno de los registros del analizador de gases, donde se ha tenido como referencia para realizar su respectiva interpretación de acuerdo a lo mostrado en la prueba con cada uno de los deportistas, teniendo en cuenta el protocolo desarrollado sobre la banda sin fin.

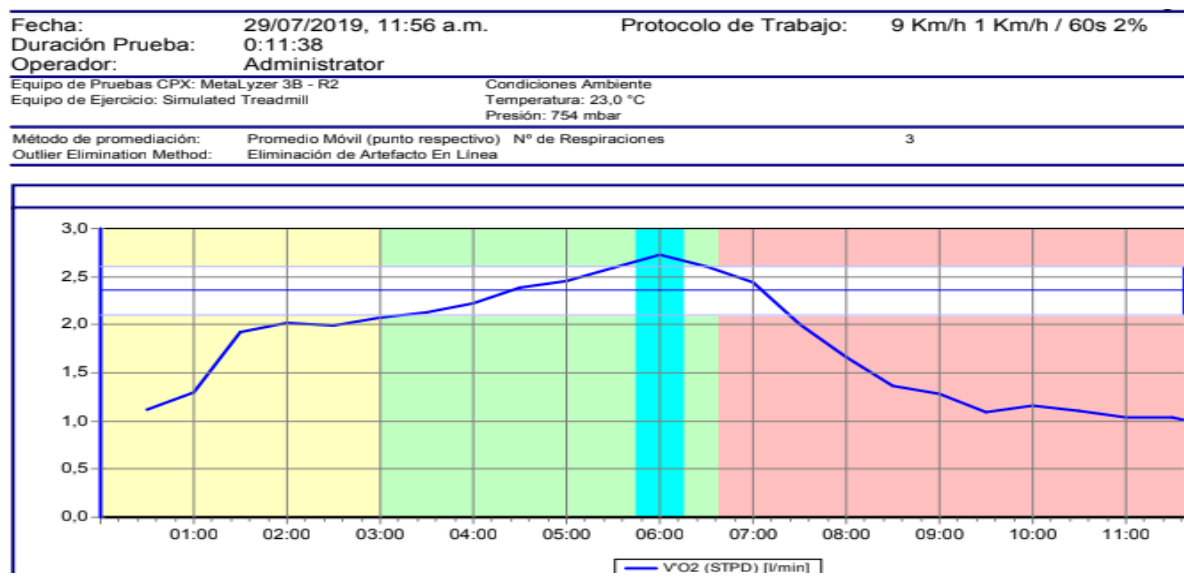


Figura # 1. Registro analizador de gases de uno de los deportistas, por medio de la prueba de laboratorio.

Luego de analizar y observar los diferentes resultados se han encontrado variables muy elevadas y relevantes para la modalidad deportiva y su respectiva discapacidad, dentro de las cuales podemos destacar el VO2 máx., siendo valores para hombres de 56 y mujeres de 44 ml.kg.min, siendo condiciones aceptables para el rendimiento deportivo, teniendo en cuenta que los deportistas participan con discapacidad de ceguera, lo cual mengua la capacidad máxima de cada uno de ellos pero encontrando variables muy

altas en relación a otros estudios y en especial a deportistas convencionales sin ningún tipo de discapacidad. (Trexler, E. et al., 2014; Galvin, H., et al. 2013)

De igual manera al observar la frecuencia cardíaca durante el test de laboratorio, se ve un aumento progresivo y normal, totalmente proporcional a la intensidad del esfuerzo físico, normal dentro del proceso fisiológico de aumento durante la actividad, pero siendo valores normales y teniendo en cuenta tanto la edad como la masa corporal de cada uno de ellos y al igual que los participantes de la presente investigación tienen discapacidad visual. Se observaron frecuencias cardíacas máximas para hombres de 176 ppm y para mujeres de 171 ppm, al comparar con otros estudios son muy similares, a pesar que no son deportistas con la misma discapacidad, ya que son nadadores y encontrando valores un tanto más elevados. (Hollis, B. et al., 2013; Plews D., et al., 2013)

CONCLUSION

Teniendo en cuenta que la presente investigación está en desarrollo, en su fase experimental, en el cual se está aplicando el plan de entrenamiento, proyectado para 6 meses, podemos concluir que se conocen ya características de los deportistas las cuales son muy relevantes y elevadas, frente a escasas referencias de apoyo, teniendo en cuenta la disciplina deportiva del atletismo y la discapacidad en este caso ceguera, donde al finalizar el trabajo de adaptación en altura se podrán observar cambios fisiológicamente favorables y de esta manera ajustar las cargas para optimizar el rendimiento para las futuras competiciones, no solamente en las variables ventilatorias, sino también en el control del ritmo cardíaco para poder llevar las correctas intensidades del esfuerzo físico.

BIBLIOGRAFIA

Bartsch, P.; Saltin, B., & Dvorak, J. (2008). Consensus statement on playing football at different altitude. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 18 Suppl 1, 96-99. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00837>.

Brocherie, F.; Girard, O.; Fais, R., y Millet, G. P. (2016). Altitud y deportes de equipo: métodos tradicionales desafiados por un entrenamiento innovador y específico en hipoxia. RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte. 46(12), 338-358. <http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2016.04601>.

Calero Morales, Roberto Carlos Caizaluisa Alvarado, Carlos Fabián Morales Pillajo, Andrea Maciel Vera Vilatuña, Fredy Geovanny Moposita Caillamara, Raúl Ricardo Fernández Concepción. Universidad de las Fuerzas Armadas y comité Paralímpico de Ecuador. (2017). Efectos de la hipoxia en atletas paralímpicos con entrenamiento escalonado en la altura. Revista cubana de investigaciones biomédicas. 2017.36.

Chapman, R. (2013). The individual response to training and competition at altitude. British Journal of Sports Medicine, 40, 40-44.

Crowley, W. F., Jr. (2003). Translation of basic research into useful treatments: how often does it occur? The American Journal of Medicine, 114, 503-505. [http://dx.doi.org/10.1016/S0002-9343\(03\)00119](http://dx.doi.org/10.1016/S0002-9343(03)00119).

Galvin HM, Cooke K, Sumners DP, Mileva, KN, Bowtell JL. (2013). Repeated sprint training in normobaric hypoxia. British journal of sports medicine.;47(Suppl 1):i74-i9.

Holliss BA, Fulford J, Vanhatalo A, Pedlar CR, Jones AM. (2013) Influence of intermittent hypoxic training on muscle energetics and exercise tolerance. Journal of Applied Physiology.;114(5):611-9.

Millet, G. P.; Faiss, R., & Pialoux, V. (2012). Hypobaric hypoxia induces different physiological responses from normobaric hypoxia. Journal of Applied Physiology, 112, 1783-1784. <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.00067.2012>.

Ogueta Alday, Ana y García López, Juan. (2016). Factores que afectan el rendimiento en carreras de fondo. RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte. Volumen XII. Año XII. Pág. 278 – 308. Número 45. DOI:10.5232/ricyde.

Plews DJ, Laursen PB, Stanley J, Kilding AE, Buchheit M. (2013) Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring.. *Sports medicine.*;43(9):773-81.

Ríos, M. (2005). Manual de educación física adaptada al alumno con discapacidad. España: Paidotribo S.L.

Trexler ET, Smith-Ryan AE, Norton LE. (2014). Metabolic adaptation to weight loss: implications for the athlete.. *Journal of the International Society of Sports Nutrition.*;11(1):7.