**IMPACTO DEL ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO DE ALTA INTENSIDAD Y CORTADURACIÓN EN LA FRECUENCIA CARDÍACA Y PRESIÓN ARTERIAL EN SUJETOS FÍSICAMENTE ACTIVOS.**

**Murray Orozco Vianey Alexandra,** [**vianey\_murray14@hotmail.com**](mailto:vianey_murray14@hotmail.com)**, Universidad Autónoma de Nayarit.**

**ASESOR: M.C. Ivan X Renteria, irenteria@uabc.edu.mx, Universidad Autónoma de Baja California**

**RESUMEN**

Este trabajó se realizo con estudiantes de la Facultad de Deportes Campus Ensenada de la Universidad Autónoma de Baja California, México. alumnos Aparentemente Sanos y Físicamente activos a los cuales se les aplico, el entrenamiento de fuerza de moderada intensidad (40-60% 1-RM) presenta los mayores aumentos de la respuesta de la frecuencia cardiaca, mientras que con altas intensidades de 1-RM esta respuesta es menor El objetivo fue evaluar los efectos de un programa corto de ejercicio físico interválico de alta intensidad, sobre la frecuencia cardiaca y la presión arterial sistólica en estado basal de sujetos físicamente activos, adicionalmente se analizó si los cambios producidos en las variables fisiológicas pueden estar asociados a cambios en la capacidad funcional de los sujetos y contrastar antes y después de programa corto de ejercicios físico intervalico de alta intensidad la frecuencia cardiaca y la presión arterial sistólica en estado basal en sujetos físicamente activos. Tras 12 sesiones de un programa de entrenamiento de alta intensidad se encontró que los valores de frecuencia cardiaca y tensión arterial en reposo no mostraron una diferencia estadísticamente significativa, sin embargo, al observar los valores de la frecuencia cardiaca post ejercicio, se observó que los sujetos se adaptaron en corto periodo de tiempo al protocolo de ejercicio ya que el nivel de recuperación fue en menor tiempo, pudiendo ser este un indicador de cambios asociados a la capacidad funcional de los sujetos debido a una mejor respuesta cardiopulmonar durante la realización de esfuerzos máximos o submáximos. Más allá del aumento del metabolismo, se ha demostrado que el HIIT promueve la quema de grasa, mientras que también evita la acumulación de la grasa.

**INTRODUCCIÓN**

En México existe escasa literatura sobre estudios que investiguen el impacto del entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) se caracteriza por sesiones repetidas de ejercicio relativamente breve (30 segundos) Durante un período de dos semanas;  este modo de HIIT utiliza intensidades supra máximas (es decir,> 100% VO 2máx) a menudo realizado con un esfuerzo máximo a una intensidad cercana a la que provoca consumo máximo de oxígeno ( ≥ 90% del VO dos máx) y en este tipo de entrenamientos (Gibala *et al.,* 2006). En un régimen de ejercicio HIIT requiere 25 minutos por tres días a la semana de entrenamiento. (Burgomaster *et al.,* 2006). El HIIT es un ejercicio eficiente de intensidad moderada de mayor duración, para mejorar la condición física e inducir adaptaciones metabólicas beneficiosas (Konrad *et al.,* 2011). Induce una respuesta inflamatoria sistemática grande, marcada por aumentos sustanciales en varias citoquinas inflamatorias y quimosinas (Little *et al.,* 1985). Como el control de glucosa, metabolismo del músculo esquelético y mejorar la función endotelial (Kemi OJ, Wisloff U2010 ).

El ejercicio de esta naturaleza puede suprimir transitoriamente la función inmune  y aumentar la susceptibilidad a las infecciones (Nieman1997).

El entrenamiento de fuerza está asociado con modificaciones en el miocardio que implican cambios positivos en la frecuencia cardiaca, en el volumen respiratorio y en la respuesta del corazón, aunque no de la misma magnitud que los encontrados con entrenamiento de resistencia a largo plazo.

Durante la sesión de entrenamiento de fuerza se produce un aumento de la frecuencia cardiaca (Collins *et al.,* 1991; DeGroot *et al*., 1998); este aumento está asociado a un incremento de la estimulación simpática, un aumento progresivo en los niveles de catecolamina en el plasma circulante y una reducción en la estimulación parasimpática al comienzo del ejercicio (Collins *et al.,* 1991; McCartney *et al*., 1993).sobre variables fisiológicas relacionadas con la salud.

El HIIT se caracteriza por periodos relativamente cortos de actividad física vigorosa (6-60 segundos a 80% VO2max) intercalados por períodos de recuperación activa (40% VO2max). En individuos no entrenados y recreativamente activos, el HIIT a corto plazo puede ser un estímulo potente para inducir efectos fisiológicos similares a los reportados en programas de entrenamiento tradicional a intensidad moderada (MIT), sin embargo, en relación al volumen de trabajo, el HIIT es considerablemente menor respecto al MIT.

La frecuencia cardiaca es en relación al volumen sistólico, al parecer durante la fase de elevación de la carga en un ejercicio de fuerza éste no se ve afectado cuando la intensidad es ligera (Haennell, *et al.,* 1992), mientras que se reduce con altas intensidades (Lentini*et al*., 1993). Esta reducción durante la fase de elevación con altas intensidades es posiblemente resultado de una reducción de la precarga y un aumento de la postcarga en el miocardio (Miles *et al.,* 1987, citados por Kell, *et al.,* 2001).

El aumento de la tensión arterial, de la precarga y postcarga, de la resistencia del sistema cardiovascular y de la frecuencia cardiaca producen a su vez un aumento del estrés en el miocardio, que está asociado a adaptaciones cardiovasculares que aumentan el volumen sistólico en reposo (Fleck, 1988; Fleck*et al.,* 1993).

Durante el entrenamiento de fuerza (isométrico y/o dinámico) la tensión arterial aumenta, tanto la sistólica como la diastólica (Fleck, 1988; Haennel *et al*., 1992; Lentini *et al.,* 1993; Lewis *et al.,* 1985; MacDougall *et al.,* 1985).

La amplitud de este aumento dependerá de la intensidad de la contracción muscular, de la cantidad de masa muscular implicada y de la duración de la contracción (Donald *et al.,* 1982), pero no de la velocidad del movimiento (Haennel*et al.,* 1992), o del tipo de contracción estática o dinámica (Lewis *et al.,* 1985).

Así, durante el desarrollo de un ejercicio de fuerza ambos valores de la tensión arterial aumentan; no obstante, las adaptaciones a un entrenamiento de fuerza a largo plazo implican una reducción de la tensión arterial en reposo (Evans, 1999).

El doble producto (DP), también conocida como la presión del índice de producto, es el producto matemático de la frecuencia cardíaca (FC) y la presión arterial sistólica (PAS). La DP se ha utilizado durante mucho tiempo como una medida no invasiva del consumo de oxígeno en el miocardio durante el ejercicio (Gobel *et al.,* 1978; Jorgensen *et al*., 1973; Kitamura *et al.,* 1972). La DP ha sido un índice útil en la rehabilitación cardíaca y mejoras en la capacidad funcional en relación con la aparición de isquemia sintomática (Arya *et al*., 2005; Durstine y el American College of Sports Medicine, 2009).

El objetivo fue evaluar los efectos de un programa corto de ejercicio físico interválico de alta intensidad, sobre la frecuencia cardiaca y la presión arterial sistólica en estado basal de sujetos físicamente activos, adicionalmente se analizó si los cambios producidos en las variables fisiológicas pueden estar asociados a cambios en la capacidad funcional de los sujetos y contrastar antes y después de programa corto de ejercicios físico intervalico de alta intensidad la frecuencia cardiaca y la presión arterial sistólica en estado basal en sujetos físicamente activos. Contrastar antes y después de programas corto de ejercicios físicos intervalicos de alta intensidad la frecuencia cardiaca de recuperación en sujetos físicamente activos. Determinar si se presentaron cambios en la composición corporal de sujetos físicamente activos.

Medir los cambios de frecuencias cardiacas en sujetos físicamente activos expuestos a entrenamientos intervalicos de alta intensidad

**METODOLOGÍA**

El presenté trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de Biociencias de la Motricidad Humana de la Facultad de Deportes Campus Ensenada de la UABC. Donde se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia de 16 sujetos con un promedio de edad de considerados como sanos (administración de cuestionario PAR-Q & YOU) y físicamente activos (administración de cuestionario IPAQ versión corta) a los cuales se les explicó el objetivo de la investigación y los beneficios que obtendrían al participar en este proyecto mediante la firma de una carta de consentimiento informado. El diseño del estudio fue cuasi experimental con un solo grupo experimental Pre Test – Post Test. De manera inicial se valoró la frecuencia cardiaca en reposo con un monitor de frecuencia cardiaca marca Polar modelo FT1, la presión arterial fue valorada con un Baumanometro digital marca Omron modelo HEM 7130, en ambas fases del estudio, de igual forma se les administró una prueba progresiva incremental máxima para determinar la Potencia Aerobia Máxima (PAM), misma que se realizó en un cicloergómetro (Lode, Holanda, modelo Sport Excalibur 925900 con medición de fuerza de pedaleo de 8 a 2500 watts) utilizando un protocolo con algunas modificaciones a lo descrito por Storer *et al.* (1990) Guiraund *et al.* (2009) y Hötting *et al*. (2016). El protocolo del test inició con un periodo de cuatro minutos de calentamiento a 20 W de resistencia y RPM entre 60 a 80. Al quinto minuto, la carga de trabajo incrementó a 60 W porlo que se dio por iniciada la prueba, después del quinto minuto la carga de trabajo fue incrementando 20 W cada minuto hasta el agotamiento. Todos los sujetos fueron alentados verbalmente por los administradores de la prueba para que efectuaran un verdadero esfuerzo máximo. La prueba de ejercicio gradual se dio por finalizada cuando los sujetos no tenían capacidad de mantener una cadencia de pedaleo mayor a 60 rpm durante 10segundos. La cantidad de watts registrados durante el últimoestadio de la prueba fue considerado la PAM, además de haber registrado la frecuencia cardiaca máxima. El Protocolo Experimental de Ejercicio Físico HIIT consistió en repetidos intervalos de ejercicio a intensidad sub-máxima (80% del VO2pico) basados en la metodología de Wingate (sprintsde 30 segundos de "allout" seguido de periodos de cuatro minutos recuperación activa al 40% del VO2pico). El protocolo consistió en que los sujetos realizaran un total de 12 sesiones de entrenamiento con una duración de cuatro semanas (tres sesiones por semana), durante primera semana el protocolo de entrenamiento consistió en cuatro intervalos de alta intensidad, en la segunda semana se incrementó el volumen de entrenamiento a cinco intervalos del alta intensidad y el protocolo de entrenamiento finalizó con una carga de trabajo de seis intervalos las dos semanas restantes. El análisis de los datos fue realizado en el software Graph Pad Prism versión seis donde se obtuvo la media y desviación estándar de las características demográficas de la muestra estudiada, de igual forma se realizó una prueba T no paramétrica para comparar las diferencias Pre Test-Post Test en las variables cardiovasculares, el nivel de significancia estadística fue establecido en 0,05 para todos los casos de entrenamiento HIIT sobre frecuencia cardiaca y presión arterial con referencias.

No obstante, las elevaciones de la tensión arterial durante los ejercicios con sobrecarga son intermitentes, similares a las observadas durante el ejercicio aeróbico, y pueden ser modificadas en función de cambios realizados sobre el volumen y la carga de las contracciones (Stone *et al.,* 1991).

En el producto de la frecuencia cardíaca (FC) y la presión arterial sistólica (PAS), definida como el doble producto (DP), mostró un punto de ruptura (BP) coincidentes con LT durante el ejercicio gradual en sujetos sanos (Tanaka y Shindo, 1992; Tanaka *et al.,* 1995; Riley *et al*,. 1997; Tanaka *et al.,* 1997).

Han encontrado que la DPBP ocurre en intensidades de ejercicio similar a la del umbral de lactato (LT) y el umbral ventilatorio (VT). Concluyen que la DPBP pueden ser útiles no invasivos y más fácil de obtener el marcador del LT y VT en una amplia gama de individuos.

La LT y VT han sido utilizados como marcadores del umbral anaeróbico (AT) MacIntosh (2003).

Previo un ejercicio de pruebas de tensión arterial (TA) monitor para detectar el doble producto (DPBP Punto de ruptura).

Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia donde se seleccionó inicialmente a 15 sujetos y se terminaron las pruebas con 11 sujetos varones físicamente activos, quienes eran estudiantes de la Facultad de Deportes Campus Ensenada de la Universidad Autónoma de Baja California, México. Todos los sujetos voluntariamente firmaron una carta de consentimiento informado para participar en el estudio. Los sujetos fueron clasificados como físicamente activos mediante la administración del Cuestionario internacional de Actividad Física versión corta (IPAQ por sus siglas en inglés) donde señalaron que realizaban actividades de intensidad vigorosa al menos tres días a la semana, reportando un gasto energético igual o mayor a 1500 MET-minutos/semana (Fernández., 2005). De igual forma, los participantes del estudio reportaron no haber participado o realizado un programa de entrenamiento interválico de alta intensidad tres meses antes de iniciar el programa de entrenamiento, además de que los sujetos no fueron sometidos a ningún protocolo de entrenamiento especial de fuerza o resistencia aerobia durante las 12 sesiones de ejercicio interválico de alta intensidad.

1. Prueba de Potencia Aerobia Máxima (PAM)

Todos los sujetos participantes del estudio realizaron una prueba progresiva incremental máxima en un cicloergómetro (Lode, Holanda, modelo Sport Excalibur 925900 con medición de fuerza de pedaleo de 8 watts a 2500 watts) utilizando un protocolo con algunas modificaciones a lo descrito por Storer *et al.,* (1990) Guiraund *et al.,* (2009) y Hötting *et al.,* (2016). De manera inicial los sujetos asistieron en un horario de las 8 am a 11 am al Laboratorio de Biociencias de la Motricidad Humana de la Facultad de Deportes Campus Ensenada de la UABC para realizar una sesión de familiarización en el cicloergómetro donde pedalearon durante 10 minutos a cero watts (W) de resistencia y los sujetos seleccionaron la cantidad de revoluciones por minuto (rpm) más adecuada. Posteriormente, se les instruyó a los participantes del estudio que durante 24 horas posteriores a la sesión de familiarización se llevaría a cabo la prueba progresiva incremental máxima, por lo que se le solicitó a los sujetos que se abstuvieran de realizar actividad física vigorosa, ingerir bebidas alcohólicas, fumar, consumir productos con cafeína como bebidas energéticas o café así como no desvelarse. El protocolo del test incremental máximo inició con un periodo de cuatro minutos de calentamiento a 20 W de resistencia y entre 60 rpm a 80 rpm. Al quinto minuto, la carga de trabajo incrementó a 60 W por lo que se dio por iniciada la prueba, después del quinto minuto la carga de trabajo fue incrementando 20 W cada minuto hasta el agotamiento. Todos los sujetos fueron alentados verbalmente por los administradores de la prueba para que efectuaran un verdadero esfuerzo máximo.La prueba de ejercicio gradual se dio por finalizada cuando los sujetos no tenían capacidad de mantener una cadencia de pedaleo mayor a 60 rpm durante 10 segundos.La cantidad de watts registrados durante el último estadio de la prueba fue considerado la PAM, además de haber registrado la frecuencia cardiaca máxima.

1. Protocolo Experimental de Ejercicio Físico

EL protocolo de entrenamiento HIIT consistió en repetidos intervalos de ejercicio a intensidad submáxima (80%del VO2pico) basados en la metodología de Wingate (sprints de 30 segundos de "allout" seguido de periodos de recuperación activa al 40% del VO2pico), Donde se realizara la actividad física en la primera semana se realizaban tres intervalos, en la segunda semana cuatro intervalos y para finalizar cinco intervalos concluyendo con un total de 12 intervalos.

1. Procedimiento

El ejercicio de alta intensidad consiste en realizar las sesiones y con qué frecuencia se realizaran en la primera semana se realizaban tres intervalos, en la segunda semana cuatro intervalos y para finalizar cinco intervalos concluyendo con un total de 12 intervalos. Tomando la frecuencia cardiaca con los POLAR al terminar cada sprint de 30segundos. Después de haber concluido la prueba se mide la frecuencia al minuto a los tres minutos y a los cinco minutos.

Después de bajarnos del cicloergometro SPORT EXCABUR LADE, posteriormente procedíamos al pesaje en la báscula eléctrica OMRON MOD para registrar el peso después de haber realizado la actividad.

Así mismo nos medimos el porcentaje total de grasa con el analizador electrónico de grasa corporal MOR.

**RESULTADOS (AVANCES)**

Tras 12 sesiones de un programa de entrenamiento de alta intensidad se encontró que los valores de frecuencia cardiaca y tensión arterial en reposo no mostraron una diferencia estadísticamente significativa, sin embargo, al observar los valores de la frecuencia cardiacapost ejercicio, se observó que los sujetos se adaptaron en corto periodo de tiempo al protocolo de ejercicio ya que el nivel de recuperación fue en menor tiempo, pudiendo ser este un indicador de cambios asociados a la capacidad funcional de los sujetos debido a una mejor respuesta cardiopulmonar durante la realización de esfuerzos máximos o submáximos.

El entrenamiento de fuerza de moderada intensidad (40-60% 1-RM) presenta los mayores aumentos de respuesta de la frecuencia cardiaca, mientras que con altas intensidades de 1-RM esta respuesta es menor.

**CONCLUSIÓN (AVANCES)**

Más allá del aumento del metabolismo, se ha demostrado que el entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT), promueve la quema de grasa, mientras que también evita la acumulación de la grasa.

**REFERENCIAS.**

* Burgomaster K.A., G.J. Heigenhauser. M.J. Gibala (2006).  Efecto del entrenamiento a corto plazo del intervalo Sprint enel metabolismo de loscarbohidratosdel musculo esquelético humano durante elejercicio y el rendimento enel tempo. J ApplPhysiol.  100 (6): 2041 - 2047. [ [PubMed](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16469933" \t "pmc_ext) ]
* Donald, K.W., A.R. Lind, G.W. McNicol (1982). Cardiovascular responses to sustained (static) contractions. Circ. Res. 20:115-132
* Evans, W. J (1999). Exercise training guidelines for the elderly. Med. Sci. Sports Exerc. 31:12-17
* Evans, W. J (1999). Exercise training guidelines for the elderly. Med. Sci. SportsExerc. 31:12-17
* Fleck, S.J (1988). Cardiovascular adaptations to resistance training. Med. Sci. SportsExerc. 20(5 suppl.):S146-S151
* Fleck, S.J., P.M. Pattany, M.H. Stone (1993). Magnetic resonance imagine determination of left ventricular mass: junior Olympic weightlifters. Med. Sci. SportsExerc. 25(4):522-527
* Gibala M.J., J.P. Little. M. Essen (2006). Intervalo de sprint de corto plazo versus entrenamiento de resistencia tradicional: adaptaciones iniciales similares en el musculo esquelético humano y el rendimiento del ejercicio. J Physiol.; 575 (Pt \_ {3}): 901 - 911. [ [Artículo libre de PMC](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1995688/) ] [ [PubMed](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16825308" \t "pmc_ext) ]
* Haennel, R.G., G.D. Snydmiller, K.K. Teo (1992). Changes in blood pressure and cardiac output during maximal isokinetic exercise. Arch. Phys. Med. Rehabil. 73(2):150-155
* Haennel, R.G., G.D. Snydmiller, K.K. TEO (1992). Changes in blood pressure and cardiac output during maximal isokinetic exercise. Arch. Phys. Med. Rehabil. 73(2):150-155
* Kemi O.J. , U. Wisloff  (2010). El entrenamiento aeróbico de alta intensidad mejora el corazón en salud y enfermedad. J Cardio pulm Rehabil Prev. 30 : 2 - 11
* Konrad M., D.C. Nieman. D.A. Henson. K.M. Kennerly. F. Jin. S.J. Wallner-Liebmann (2011). El efecto agudo de ingerir un suplemento basado en quercetina en la inflamación inducida por el ejercicio y cambios inmunes en los corredores. Int J Sport NutrEjerc. Metab. ; 21 (4): 338 - 346. [ [PubMed](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21813917" \t "pmc_ext) ]
* Lentini, A.C., R.S. McKelvie, N, McCartney (1993). Left ventricular response in healthy young men during heavy-intensity weight-lifting exercise. J. Appl. Physiol. 75(6):2703-2710
* Lewis, S.F., P.G. Snell, W.F. Taylor (1985). Role of muscle mass and mode of contraction in circulatory responses to exercise. J. Appl. Physiol. 58(1):146-151
* Lewis, S.F., P.G. Snell, W.F. Taylor (1985). Role of muscle mass and mode of contraction in circulatory responses to exercise. J. Appl. Physiol. 58(1):146-151
* Little J.P., J.B. Gillen. M.E. Percival. A. Safdar. M.A. Tarnopolsky. Z. Punthakee. M.E. Jung. M.J. Gibala. J ApplPhysiol (2011). 111 (6): 1554 - 60.
* MacDougal, J.D., R.S. McKelvie, J.R. Moroz, Jr Sutton (1985). Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. J. Appl. Physiol. 58: 785-790
* Nieman D.C., Respuesta inmune al esfuerzo pesado. J Appl physiol. (1997). ;82 (5): 1385-1394 [[PubMed](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9134882" \t "pmc_ext) ]COLLINS, M.A., K.J. CURETON, D.W. HILL, et al (1991). Relationship of heart rate to oxygen uptake during weight lifting exercise. Med. Sci. SportsExerc. 23(5): 636-640.
* Pequeño J.P., A. Safdar. G.P. Wilkin. M.A. ​​Tarnopolsky. M.J. Gibala. (2010). Un modelo práctico de entrenamiento de intervalo de alta intensidad de bajo volumen induce la biogénesis mitocondrial en el músculo esquelético humano: mecanismos potenciales. J Physiol; 588(1011-1022. PubMed).
* Stone, M. H., S. J. Fleck, N. T. Triplett, W. J. Kraemer (1991). Health- and performance-related potential of resistance training. Sports Med. 11:210-231
* Talanian J.L., S.D. Galloway. G.J. Heigenhauser. A. Bonen L.L. Spriet. (2007). Dos semanas de entrenamiento de alta intensidad aeróbica intervalo aumenta la capacidad de oxidación de grasa durante el ejercicio en las mujeres. J ApplPhysiol.  102 (4): 1439 - 1447. [ [PubMed](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17170203" \t "pmc_ext) ]
* Treuth M.S., (1996). Efectos de la intensidad del ejercicio en el gasto energético de 24 horas y la oxidación del sustrato. Medicina y Ciencia en Deportes y Ejercicio 28 (9): 1.138-1.143