

Control de la intensidad mediante un algoritmo de frecuencia cardiaca para ejercicios que requieren cambios de velocidad

Luis Angel Muñoz Ortiz^{1*}, Fernando Tlahueta Maya¹

¹Facultad de Cultura Física, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. *Correspondencia: lo717707@gmail.com

Resumen

El ejercicio físico ha tenido importancia conforme ha ido transcurriendo el tiempo, ya que cada vez existen maneras más eficaces de llevar un control sobre los parámetros que presentan diferentes deportistas. Sin embargo, no todas las poblaciones tienen a su alcance los materiales necesarios para poder saber si están progresando o cuáles pueden llegar a ser sus límites. Al igual que la incertidumbre de los algoritmos que ya existen, pero carecen de investigación para comprobar su funcionalidad, de tal manera se plantea una propuesta diferente y que se aproxime más a la realidad, así como también sea accesible a entrenadores y puedan utilizar este tipo de investigación hacia el beneficio de potenciar las capacidades y cuidar en lo mejor posible al deportista.

Palabras clave: Frecuencia cardiaca, algoritmo, intensidad, velocidad, resistencia esfuerzo.

Abstract

Intensity control through a heart rate algorithm for exercise that require speed changes.

Physical exercise has been very important as time has gone by, since there are more and more effective ways to keep track of the parameters that different athletes present. However, not all populations have at their disposal the necessary materials to be able to know if they are progressing or what their limits may be. As well as the uncertainty of the algorithms that already exist, but lack research to verify their functionality, in such a way a different proposal is proposed and one that is closer to reality, as well as being accessible to coaches and they can use this type of research towards the benefit of enhancing

capacities and taking care of the athlete in the best possible way.

Key words: Heart rate, algorithm, intensity, speed, resistance effort.

Introducción

Existe un gran interés por controlar la carga de entrenamiento en los deportistas con el objetivo de monitorizar su adaptación, tanto positiva como negativa (1). Distinguiéndose en la literatura, dos tipos de cargas de entrenamiento, por una parte, la carga administrada o carga de entrenamiento externa, y por otra, la forma en la que cada sujeto asimila esa carga administrada y responde a ella, que es lo que se conoce como carga de entrenamiento interna, ya que uno de los factores que determina la eficacia de un programa de entrenamiento físico es la regulación de su intensidad (2).

El presente proyecto nace por la incertidumbre de los algoritmos que ya existen, pero que llegan a ser muy subjetivos a la hora de encontrar resultados u aproximaciones hacia la intensidad de una persona que se mide a través de la frecuencia cardiaca, ya que la frecuencia cardíaca ha sido tradicionalmente utilizada para regular la intensidad del ejercicio, sin embargo, presenta limitaciones para su cuantificación sin un monitor cardiaco. Para el caso de la presente investigación los principales ejercicios a tratar serán los que involucren “cambios de ritmo” o “cambios de velocidad” para analizar las variaciones que tiene la frecuencia en el individuo (3).

Los cambios de ritmo son juegos de velocidad que se introducen en las rutinas de entrenamiento por sus importantes beneficios. El corredor consigue con este tipo de entrenamientos mejorar considerablemente su potencia aeróbica. Ya que, al combinar diferente ritmo de frecuencias, intensidades y distancias, estimulan al máximo su capacidad de absorción de oxígeno, es decir, ayudan a ganar velocidad en carrera (4).

La frecuencia cardíaca ha sido validada y ampliamente utilizada para evaluar y prescribir la intensidad. Este parámetro presenta una estrecha relación con el volumen de oxígeno máximo (VO_2 max), es la cantidad máxima de oxígeno que el organismo puede absorber, transportar y consumir en un tiempo determinado principalmente cuando éste se desarrolla a intensidades moderadas (5). Para precisar un poco más en la intensidad, hay varios métodos que utilizan las pulsaciones y que ahora se han popularizado con el uso de las pulseras, relojes y aplicaciones de ejercicio (6).

La capacidad para cambiar de dirección es considerada fundamental, para el éxito en deportes de equipo y de raqueta. Los jugadores deben acelerar, desacelerar y cambiar de dirección dentro del juego, ya sea en respuesta a los movimientos de los jugadores contrarios, o de sus propios compañeros, sin embargo, los factores predictores del rendimiento, en las carreras con cambios de dirección no están claros, a pesar de que existen estudios de carácter científico relacionados con el tema (7). La agilidad es considerada una capacidad física compleja y se puede definir como la capacidad de cambiar rápidamente de dirección. Estudios recientes informan que la agilidad está influenciada por la fuerza explosiva, el equilibrio, la coordinación muscular y la flexibilidad (8).

Se plantea una iniciativa para proponer un algoritmo nuevo buscando que exista mayor aproximación para determinar la frecuencia cardíaca sin la necesidad de un aparato. Se presentan diferentes investigaciones que llevan una relación con lo que se quiere obtener, se recopilan los datos y características que han sido obtenidos como resultados desarrollados en los correspondientes estudios, y que permiten poder hacer análisis de lo que han ido haciendo y como se podría tomar un camino diferente para proyectar diferentes resultados (9).

El concepto de umbral anaeróbico está siendo utilizado en los últimos cincuenta años tanto en el contexto clínico como deportivo, donde es considerado un importante indicador del rendimiento en resistencia cardiorrespiratoria (9).

Una de las formas de determinación es a través del análisis de las concentraciones de lactato sanguíneo, mediante el máximo estado estable de lactato, intensidad de ejercicio asociada con la potencia crítica y considerada por los fisiólogos de ciencias del deporte (10).

Todas las actividades para este proyecto de cultura física tienen ciertos principios establecidos ya que al hacer un estudio con personas deberá haber ética profesional, de tal forma, que los participantes entiendan el estar dispuestos a someterse por voluntad propia a esta investigación y por parte de los investigadores de igual manera se cuidará a la persona y en caso de observar algún caso negativo se le retirará de la investigación (11).

Además, se pretende que la práctica de actividad física y deporte sea mayormente controlada por las personas que tanto realizan los ejercicios como también de quien los propone y pueda haber mayor seguridad de lo que se está haciendo beneficiando al entrenado (12) y procure las situaciones adversas que puedan suceder ya que es un ámbito muy amplio y los riesgos de alguna forma van a existir pero que mejor manera que llevar un sistema que fortalezca el hecho de que sean mayores los resultados positivos que negativos y se amplie el campo de estudio que requiere el deporte (13). El objetivo del presente trabajo es proponer un algoritmo que permita estimar la frecuencia cardíaca máxima en una sesión de entrenamiento.

Materiales y métodos

La presente propuesta de investigación se realizó con datos simulados para la obtención del algoritmo que se tiene planteado desarrollar. La muestra total es de 70 jugadores de fútbol o baloncesto con edades comprendidas entre los 17 y 26 años. Los criterios de inclusión son: a) ser jugador de fútbol o baloncesto con una experiencia mínima de 3 años, b) participar en un mínimo de 6 horas de práctica deportiva (entrenamientos técnico-tácticos + físicos + partidos), c) no tener ningún tipo de lesión ni haber estado lesionado en los últimos 3 meses, d) no presentar algún tipo de enfermedad cardiovascular.

Las pruebas de condición física deberán ser realizadas con, al menos 48 horas de recuperación o sin la realización de ejercicio extenuante. Las pruebas con las que se determinan los diferentes valores son velocidad con cambios de dirección en las cuales hay variantes al momento de la aceleración y desaceleración y velocidad lineal en diferentes distancias en donde se busca mantener la mayor intensidad de una manera constante, no rebasando más de 60 metros al igual que con el factor de un ejercicio con intervalos no debe mantener la fase de

esfuerzo individual durante más de 1 minuto, pues de otro modo se perdería la acción especial del estímulo sobre el corazón. Para la obtención de estos resultados se utilizan células fotoeléctricas que son dispositivos conectados a un sistema de cronometraje y software para obtener tiempos parciales.

Finalmente, con la obtención de la velocidad máxima del participante se realiza una prueba en una banda sin fin la cual se programa a las velocidades máximas del participante y así realizar un análisis de resistencia al esfuerzo físico máximo en su mayor velocidad y poder obtener al finalizar las frecuencias cardíacas más altas que se presenten en esta última prueba.

Los objetivos para determinar mediante estos test son: determinación de la velocidad máxima en distancias de 40, 50 y 60 metros, y después poder obtener un promedio de la velocidad que presentaron.

Posteriormente (en una banda sin fin configurar la velocidad máxima que presento el participante y se mantuvo durante 45 segundos realizando dicho esfuerzo a la velocidad) una vez terminando la prueba en la banda sin fin se valora la frecuencia cardíaca y poder obtener un promedio de las 3 frecuencias más altas que haya alcanzado mientras realizaba dicha prueba.

Para calcular la frecuencia cardíaca durante esfuerzo, se utilizó un monitor de frecuencia cardíaca o pulsómetro, dicho aparato puede secuenciar los tiempos de registro cada segundo y de esta manera extrapolar los resultados al software pulsómetro y establecer una representación gráfica de los resultados establecidos.

Finalizadas las pruebas, y en base a los datos se buscó realizar una validación matemática que permita obtener el algoritmo para la estimación de la frecuencia cardíaca máxima en una sesión de entrenamiento.

Análisis estadístico

Para los cálculos que se realizaron se utilizó el programa Excel 2016. Pasando a un análisis de datos bivariados, que permite crear un modelo matemático que representa un comportamiento de dos variables. En el caso de la investigación fue la frecuencia cardíaca y la velocidad que presentaron en las pruebas que se determinaron en los métodos. Estos pares se pueden dibujar en un sistema coordenado el cual sería el diagrama de dispersión.

Covarianza, es una técnica estadística que busca comparar los resultados obtenidos en diferentes grupos de una variable cuantitativa, pero corrigiendo las posibles

diferencias existentes entre los grupos en otras variables que pudieran afectar también al resultado.

$$\frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{n}$$

Análisis de regresión, la curva de regresión es aquella a la cual tienden a aproximarse los puntos del diagrama de dispersión, para el caso de la investigación la regresión exponencial es la que más se aproxima para el uso de las variables y en la cual se utiliza para determinar la variante “y”.

$$y = e^a e^{bx} \quad b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

Resultados

Se muestra la edad de los participantes para dicha investigación (Tabla 1) y los resultados obtenidos después de la realización de las pruebas propuestas para la obtención del algoritmo. Así como también hay un apartado de toma de frecuencia cardíaca en reposo haciendo un análisis de como es que se da una alteración al someterse a una prueba de intensidad que busca llegar a la frecuencia máxima (Figura 1 y Tabla 2).

Discusión

La frecuencia cardíaca de una persona se puede tomar de manera directa a través de algún tipo de dispositivo predeterminado para esta situación de manera indirecta a través de alguna fórmula o ecuación. A nivel mundial la fórmula más conocida es la de 220-edad de la persona y con esto obtener la frecuencia cardíaca máxima sin embargo se desconoce autoría y procedencia de dicha fórmula (20), por lo cual es poco confiable considerar como método principal el antes mencionado, de tal forma se destaca la pertinencia de la ecuación que se presenta en esta investigación, la cual después de realizar diferentes pruebas muy similares a las que se harían en una toma directa de frecuencia cardíaca máxima y que en los datos simulados presentaron situaciones positivas sería recomendable considerar esta opción. Se destaca también que al estudiar la variable de la edad se pudo analizar que puede existir una persona más longeva que otra y aun así puede alcanzar una frecuencia cardíaca más elevada

Tabla 1. Promedios de las velocidades máximas y frecuencias cardíacas.

Edad	Velocidad máxima 50 metros, promedio en carrera recta y carrera en cambios de ritmo (km/h)	Frecuencia cardíaca en reposo	Frecuencia cardíaca más alta
17	17.49	61	171
18	17.79	60	172
19	18.78	61	174
20	20.63	60	176
21	21.81	60	177
22	21.37	61	180
23	22.41	60	180
24	22.63	61	184
25	22.89	59	183
26	23.13	60	184

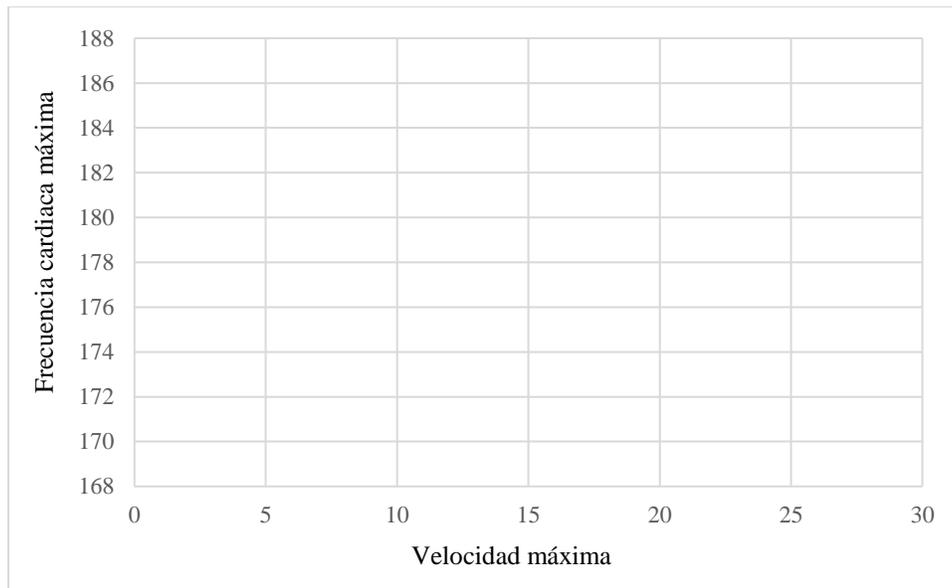


Figura 1. Diagrama de dispersión donde “x” representa la velocidad máxima a la que se sometió la prueba de banda sin fin, y “y” representa el promedio de la frecuencia máxima posterior a la prueba. Con la covarianza se pueda analizar que hay una tendencia positiva entre las variables de la investigación.

Tabla 2. Resultados del proceso de análisis de datos bivariados y un aproximado a la frecuencia máxima.

Covarianza	7.613681633
Error regresión exponencial	0.228569588
B	0.008989493
A	4.991698761
E	2.718281828
Ea	147.1862454
Ebx	El resultado dependerá de la variante “x” en este caso será la velocidad que presente el participante
Formula del algoritmo	$y = e^a e^{bx}$

y así comprobar que la fórmula de 220-edad es limitada para la descripción a la solución de diferentes entrenadores que no tienen a su alcance los aparatos necesarios para obtener de manera directa este número con el cual puedan realizar con mayor eficacia sus planificaciones (21).

Conclusión

Como resultado de la investigación estadística presentada y el análisis de los distintos datos de información conseguidos, se puede concluir lo siguiente, claro que puede haber una manera diferente de medir la intensidad y lograr hacerlo de manera más adecuada ya que existió una alta relación entre las variables con las que se decidió trabajar. El presente trabajo es una propuesta ya que los datos fueron simulados y se recomienda aplicarlo y compararlo en casos reales con poblaciones diversas, ya que hay que recordar que cada organismo es diferente.

Si dichas pruebas se llevan al campo como se estableció en la investigación, se podría demostrar si es funcional o en qué aspectos se podrían corregir ciertas situaciones que permitan construir un algoritmo que ayude a diferentes participantes poder medir su intensidad dentro de sus sesiones de entrenamiento, planteándose diseñar un algoritmo nuevo que permita calcular o medir la frecuencia cardíaca con mayor precisión.

Referencias

1. Wang F, Wang C, He F. Simulation of recognition method of damaged parts of high-intensity sports injury images. *Rev. Bras Med Esporte*. 2021; 27: 504-508.
2. Vianna JM, Guimarães MP, Souza, HLR, Silva GP, Domínguez R, Silva SF, Novaes JS, Reis VM. Predicción del umbral anaeróbico en el ejercicio prensa de piernas a 45 grados *Rev. Int. Med. Cienc. Act. Fís. Deporte* 2019; 21: 81.
3. Hernández D, Pacheco N, Poblete I, Torres H, Rodríguez I. Evaluación del talk test como método para estimar la intensidad del ejercicio en niños sanos. *Rev Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación* 2020; 37(5): 302-308.
4. Hernández YH, García JM. Efectos de un entrenamiento específico de potencia aplicado a futbolistas juveniles para la mejora de la velocidad con cambios de dirección. *Rev European Journal of Human Movement* 2013; 31: 17-36.
5. Nieto JC, Ruso AJ, Pardos ME, Naranjo OJ. La variabilidad de la frecuencia cardíaca en el control del entrenamiento en un corredor de Iron man. Estudio de caso *Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación* 2020; 37: 339-343.
6. Castañer M, Saüch G, Camerino O, Sánchez AP, Anguera TM. Percepción de la intensidad al esfuerzo: Un

estudio multi-metodológico en actividad física. *Cuadernos de Psicología del Deporte* 2015; 15(1): 83-88

7. Joya MAT, Cely VCJ. Efectos de un programa de entrenamiento de la fuerza explosiva en futbolistas de 16 años. *Programa Ciencias del Deporte*. Universidad de ciencias aplicadas y ambientales U.D.CA. 2019.

8. González SA. Estimación del ritmo cardíaco mediante análisis de secuencias de vídeo. *Dep. Teoría de la señal y comunicaciones escuela técnica superior de ingeniería universidad de Sevilla*. 2019.

9. Cristancho CH, Ojalora LJE, Callejas CM. Sistema experto para determinar la frecuencia cardíaca máxima en deportistas con factores de riesgo. *Revista Ingeniería Biomédica* 2016.

10. Carballo ERR, Téllez DZ, García HLR, Massip NJ. Adherencia al ejercicio físico de los pacientes incorporados al Programa de prevención y rehabilitación cardíaca *Revista Cubana de Medicina Física y Rehabilitación* 2015;7(1):25-41.

11. Briones AEM, Ejercicios físicos en la prevención de hipertensión arterial. *MEDISAN* 2016; 20(1): 35-41.

12. Gonzales KA, Lara VJA, Pineda GAD, Lastra SVJ, Villeda SM, Leyva VEA, Arteaga MJR. Correlación del volumen de entrenamiento en met-min/ semana con el porcentaje de ganancia de VO₂ p- carga en pacientes con insuficiencia cardíaca con fracción de expulsión reducida, sometidos a un programa de rehabilitación cardíaca.

13. Gonzalo SO. La velocidad en el cambio de dirección en los deportes de equipo evaluación, especificidad y entrenamiento, Universidad de Zaragoza, España 2015.

14. Parra RND. Respuesta cardíaca en jugadores de fútbol de tercera división durante partidos oficiales y entrenamientos, Universidad de Murcia 2015.

15. Buendía LERP, Aguilar ERI, Flores CB, López de la RLE, Caballero GM. Maldonado ME, Flores FA, Reyes GG. *Matemática aplicada estadística descriptiva e inferencial*. Dirección Fomento Editorial, 2015. Pp. 68-96, 2016.

16. Pino JO, Carmona IM. Revisión sobre los sistemas tecnológicos empleados en detectar y registrar la frecuencia cardíaca en deporte. *Revista de Ciencias del Deporte* 2013; 9(2): 91-104.

17. Sánchez JM, Parrado ER, Capdevila LO. Variabilidad de la frecuencia cardíaca y perfiles psicofisiológicos en deportes de equipo de alto rendimiento. *Revista de Psicología del Deporte* 2013; 22(2): 345-352.

18. Motta AD, Angelino AA. Aporte de la frecuencia cardíaca en futbolistas durante el período de competencia Revista Argentina de Cardiología 2009; 77(1): 27-32.

19. Delgado MF, Marins JCB. Empleo de ecuaciones para predecir la frecuencia cardíaca máxima en carrera para jóvenes deportistas. Archivos de Medicina del Deporte 2007; 24(118): 112-120.

20. Marins JCB, Ottoline NMM, Delgado MF. Aplicaciones de la frecuencia cardíaca máxima en la evaluación y prescripción de ejercicio. Archivos de Medicina del Deporte 2010; 45(168): 251-258.

21. Pereira RJE, Boada ML, Niño RIV, Cañizares PAY, Quintero GJC. Frecuencia cardíaca máxima mediante 220 menos edad versus prueba de esfuerzo con protocolo de Bruce. Movimiento Científico 2011; 11(1): 15-22.

Como citar este artículo:

Muñoz OLA, Tlahueta MF. Control de la intensidad mediante un algoritmo de frecuencia cardíaca para ejercicios que requieren cambios de velocidad. *Körperkultur Science* 2023; 1(1): 1-6.



Körperkultur Science

Recibido: mayo 2022

Aceptado: agosto 2022