

Research

Estudio de la Frecuencia Cardíaca y las Concentraciones de Lactato Sanguíneo como Variables para Predecir la Carga Fisiológica en Jugadores de Fútbol de Élite

Niyazi Eniseler

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue estimar el estrés fisiológico en jugadores de fútbol de diferentes actividades de entrenamiento. Diez jugadores de fútbol de la primera división de la liga de Turquía participaron como sujetos. Las respuestas de la frecuencia cardíaca fueron medidas durante 4 tipos de entrenamiento de fútbol. Primero, fueron medidas las frecuencias cardíacas correspondientes a una concentración de lactato sanguíneo de 2 y 4 mM, y luego, durante los 4 tipos de entrenamiento, las mismas fueron correlacionadas con la proporción de tiempo que la frecuencia cardíaca estaba debajo de la línea de 2 mM, entre las líneas de 2 y 4 mM, y arriba de la línea de 4 mM de lactato. Las frecuencias cardíacas medias durante un partido amistoso, un partido modificado, un entrenamiento táctico y actividades de entrenamiento técnico fueron 157 ± 19 , 135 ± 28 , 126 ± 21 , y 118 ± 21 lat.min⁻¹, respectivamente. Las diferencias entre todas estas actividades de entrenamiento fueron estadísticamente significativas ($p \leq 0.01$). Los resultados demostraron que (a) el entrenamiento técnico y táctico consistió de intensidades de ejercicios muy bajas (la mayoría de las frecuencias cardíacas debajo del nivel de lactato de 4 mM) y (b) el porcentaje del tiempo que la frecuencia cardíaca correlacionó hasta un punto arriba del nivel de referencia de lactato de 4 mM durante el partido amistoso y el partido modificado fue 49.6 ± 27.1 % y 23.9 ± 24.5 %, respectivamente. Las implicaciones prácticas de estos hallazgos fueron que, usando las líneas de referencia de 2 a 4 mM, los entrenadores pueden estructurar las zonas de frecuencia cardíaca que pueden ayudar a determinar la intensidad de ejercicio individualizada para sus jugadores, así como la intensidad de ejercicio total estimada durante el entrenamiento de fútbol.

Palabras Clave: partido, umbral del lactato

INTRODUCCION

Es esencial determinar métodos válidos y prácticos para cuantificar las cargas de ejercicio para incrementar el rendimiento atlético. Por ejemplo, Foster et al. (12) reportaron el uso de índices de esfuerzo percibido como método válido para la cuantificación del ejercicio durante una amplia variedad de tipos de ejercicio. Sin embargo, continua habiendo un

requerimiento de mediciones objetivas para cuantificar las cargas de entrenamiento durante diferentes tipos de actividad física. Actualmente, métodos, tales como las mediciones de la frecuencia cardiaca y de la concentración de lactato son usados como enfoques válidos y objetivos para estimar las cargas de ejercicio durante las actividades físicas. Los jugadores de fútbol se mueven en diversas direcciones con diferentes intensidades durante las actividades de fútbol, lo cual hace difícil estimar el esfuerzo fisiológico sobre los jugadores. Sin embargo, tecnologías recientemente disponibles, tales como los monitores de la frecuencia cardiaca y los analizadores de lactato, están haciendo posible caracterizar las demandas que están asociadas con un partido de fútbol en términos de velocidad y duración de los gastos energéticos. En realidad, diferentes estudios han estimado la intensidad de ejercicio (carga fisiológica) por medio del uso de los valores de frecuencia cardiaca durante un partido de fútbol, mientras se está en una competición o en un entrenamiento. En general, ha sido reportado que la frecuencia cardiaca promedio para un jugador de fútbol durante un partido de fútbol está entre 150 y 175 lat.min⁻¹ (1, 4-6, 10, 17-21, 23-26, 29). Para la preparación física para un partido, los programas de entrenamiento deberían incluir diferentes actividades físicas específicas, tales como los partidos modificados, entrenamiento táctico, y entrenamiento técnico, así como los partidos de preparación (los cuales son partidos de fútbol competitivos) contra equipos oponentes. Es aparente que cada actividad física durante el entrenamiento de fútbol va a mejorar la condición física de los jugadores en diferentes formas imponiendo diferentes tipos de carga fisiológica sobre los jugadores. Es esencial cuantificar las cargas fisiológicas de los jugadores de fútbol de modo que los investigadores o entrenadores pueden aplicar en forma precisa las intensidades de entrenamiento correctas. Aunque la intensidad de ejercicio de los partidos de fútbol ha sido estimada en estudios anteriores (1, 4-6, 17, 18, 20, 24, 26, 29), los efectos de diferentes sesiones de entrenamiento de fútbol, tales como los juegos modificados, entrenamiento técnico, y entrenamiento táctico, no han sido estudiados, para nuestro conocimiento.

En términos generales, tanto las variables del VO₂ máx. como el lactato sanguíneo (umbral anaeróbico) pueden ser usadas para explicar el rendimiento de resistencia (28). Además, para los jugadores de fútbol de élite, la carga fisiológica parece estar muy cerca del umbral de lactato sanguíneo reportado durante un partido de fútbol (5, 6, 20). Dado que el lactato sanguíneo está asociado con la carga fisiológica, el mismo puede ser correlacionado con la frecuencia cardiaca de un jugador de fútbol durante un partido y sesiones de entrenamiento para evaluar los requerimientos energéticos. Debido a que cada jugador de fútbol tiene diferentes niveles de umbral del lactato que corresponde a su valor específico de frecuencia cardiaca, las interpretaciones de la frecuencia cardiaca durante diferentes actividades relacionadas al fútbol (partido de fútbol, juego modificado, entrenamiento táctico, y entrenamiento técnico) son individualizadas. Esto simplemente significa que cada jugador tiene su frecuencia cardiaca específica propia y umbral del lactato para cualquier actividad física dada. Esta no es solo una base individualizada, sino una base objetiva sobre la cual construir un programa de entrenamiento de fútbol. En una base objetiva, esto significa que las mediciones son obtenidas a partir de instrumentos válidos y confiables y que tales mediciones reflejan los valores reales de cada jugador. Una de las aplicaciones importantes de los datos individualizados y objetivos para cada jugador es que los entrenadores pueden cuantificar la carga fisiológica de forma exacta y prescribir un programa de entrenamiento específico para cada atleta así como para todo el equipo usando esos datos.

El presente estudio tuvo dos propósitos principales. El primer propósito fue estimar la intensidad de entrenamiento en jugadores de fútbol de élite durante un partido de fútbol así como en diferentes sesiones de entrenamiento de fútbol (partido modificado, entrenamiento táctico y técnico) por medio del uso de los valores de frecuencia cardiaca. El segundo propósito fue estimar la verdadera intensidad de ejercicio, examinando la relación entre los valores de frecuencia cardiaca que fueron medidos durante las actividades relacionadas al fútbol y los niveles de umbral del lactato de 2 y 4 mM* que fueron determinados durante un test de ir y volver incremental. En particular, las respuestas de la frecuencia cardiaca de cada jugador de fútbol durante las sesiones de entrenamiento fueron correlacionadas a niveles de lactato de 2 y 4 mM (líneas de frecuencia cardiaca de referencia de lactato) para proporcionar un enfoque individualizado para evaluar la intensidad del entrenamiento. Es asumido que la categorización de las frecuencias cardiacas registradas durante el entrenamiento ayuda a determinar la intensidad de entrenamiento.

MÉTODOS

Enfoque Experimental del Problema

Para estimar el estrés fisiológico sobre los jugadores de fútbol durante un partido de fútbol, un partido modificado, y actividades de entrenamiento táctico y técnico, los valores de frecuencia cardiaca fueron correlacionados a las líneas de frecuencia cardiaca de referencia de lactato de 2 y 4 mM. Todas las mediciones fueron completadas durante las primeras 2 semanas del período de entrenamiento de pretemporada, y cada medición fue realizada en días separados.

Sujetos

Los participantes fueron 10 jugadores de fútbol profesionales de la primera división de fútbol en Turquía. La liga de primera división de fútbol incluye a 18 equipos. La liga es llamada una superliga para indicar la competitividad y la calidad de los equipos. Antes de la participación en este estudio, todos los participantes proporcionaron su consentimiento informado. Su edad, peso, y talla fueron 24.4 ± 4.1 años, 70.7 ± 3.1 kg, y 176.4 ± 6.2 cm, respectivamente. El umbral anaeróbico medio de los jugadores de fútbol fue 12.79 ± 0.85 km/h. Además, el porcentaje de grasa corporal de los participantes fue de $9.3 \pm 3.4\%$. Las mediciones fueron tomadas durante las dos primeras semanas de una sesión de entrenamiento de pretemporada de 7 semanas de duración. Ese entrenamiento de pretemporada fue iniciado después de 1 mes de descanso (interrupción de la temporada) y explica porque los jugadores estaban en un nivel de acondicionamiento en cierta forma bajo. Esto también explicó el bajo umbral anaeróbico de los jugadores de fútbol que fue observado en este estudio. Por ejemplo, en la literatura, los estudios con jugadores de fútbol de élite (8, 9, 14, 16) han mostrado que los jugadores de fútbol tienen un umbral anaeróbico aproximado de 13.5-14 km/h y porcentajes de grasa corporal menores al 10% durante la temporada (27).

Procedimientos

Fue realizado un test incremental de ir y volver de 20 m, el cual había sido modificado, y el cual fue realizado en una cancha de fútbol de pasto por todos los jugadores ($n=10$) para determinar los niveles de umbral de lactato de 2- y 4-mM (inicio de la acumulación de lactato sanguíneo [OBLA]). Se prefirió el test de ir y volver para identificar el nivel de umbral de lactato en este estudio, ya que el mismo considera los cambios direccionales de movimiento y la aceleración, los cuales son comunes en un partido de fútbol (13). Además, fue usado un test de campo debido a que los jugadores se sentirían más motivados bajo condiciones de campo en vez de bajo condiciones de laboratorio. Tales evaluaciones podrían producir resultados más confiables. Específicamente, en este test, la velocidad inicial fue 8 km/h. Cada etapa del test tomó 4 minutos, tiempo en el cual la velocidad de carrera se incrementaba en 1.2 km/h. La velocidad de carrera de cada etapa del test fue proporcionada por una señal acústica a partir de un radiograbador, fueron colocados conos, los cuales estaban espaciados exactamente 20 m uno del otro. La velocidad final de carrera fue de 15.2 km/h. El test tomó 30 minutos para ser completado. Teniendo en cuenta que el lactato difunde desde el músculo a la sangre, los niveles de lactato sanguíneo son dependientes del tiempo; de este modo, cada etapa fue completada en 4 minutos. Fueron tomadas muestras sanguíneas capilares de la punta de los dedos durante el intervalo de 1 minuto luego de cada etapa y fueron inmediatamente colocadas en tubos capilares heparinizados. Las muestras sanguíneas fueron analizadas para lactato mediante un método electroenzimático (analizador de lactato YSI 2300, Yellow Springs Instrument Co., Yellow Springs, OH). La frecuencia cardiaca de los sujetos fue medida con un monitor de la frecuencia cardiaca telemétrico Polar Vantage NV (Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia). La frecuencia cardiaca al final de cada etapa de ejercicio fue correlacionada con la concentración de lactato sanguíneo y graficada. Las frecuencias cardiacas a concentraciones de 2 y 4 mM (OBLA) fueron calculadas a partir de inspección visual.

Las frecuencias cardiacas de los jugadores fueron registradas a intervalos de 5 segundos durante 20 minutos a través de todo el partido de fútbol, el partido modificado y las actividades de entrenamiento táctico y técnico mediante un monitor de la frecuencia cardiaca Polar Vantage NV (Polar Electro, Vantaa, Finlandia).

Los porcentajes de las frecuencias cardiacas registradas debajo de las líneas de frecuencia cardiaca de referencia de lactato de 2 mM, entre 2- y 4-mM, y arriba de 4-mM fueron examinados para cada uno de los 4 tipos de entrenamiento.

La línea de frecuencia cardiaca de referencia de lactato de 2-mM fue usada como un indicador de elevación inicial de lactato sanguíneo significativa (3), mientras que la línea de frecuencia cardiaca de referencia de lactato de 4-mM fue usada para demostrar el inicio del umbral anaeróbico (3, 15). Otra razón para usar las líneas de frecuencia cardiaca de referencia de lactato de 4-mM fue que los estudios han mostrado que las concentraciones de lactato están entre 4 y 6 mM durante los partidos de fútbol (22).

Teniendo en cuenta que cada condición de fútbol podría tener diferentes intensidades de ejercicio, es lógico ordenar las condiciones desde la intensidad más alta a la más baja. Por ejemplo, un partido de fútbol podría tener una mayor intensidad que un partido modificado.

Un partido de fútbol es una actividad en la cual los jugadores usan verdaderamente lo que han aprendido en la práctica en términos de entrenamiento táctico y técnico. Este estudio incluyó un partido de 90 minutos en la pretemporada en un campo de fútbol estándar contra un equipo oponente de la misma liga de fútbol e incluyó un arbitraje oficial. Teniendo en cuenta que este fue un partido contra un equipo oponente, se asumió que los jugadores se focalizaron en ganar el partido, debido a que mostraron una actitud positiva así como por el uso de todas las habilidades tácticas y técnicas normalmente requeridas en un partido de fútbol. Este investigador utilizó 20 minutos del partido de 90 min para el análisis. Hubo 2 razones principales para elegir un período de 20 minutos. Primero, teniendo en cuenta que el partido modificado, el entrenamiento táctico y las actividades de entrenamiento técnico tuvieron una duración de 20 minutos, fue analizado un período de 20 minutos del partido de fútbol para hacer más fácil el análisis estadístico. Segundo, aunque el partido de

fútbol tuvo una duración de 90 minutos, algunos jugadores jugaron durante 45-60 minutos, aunque el entrenador trató de darle 90 minutos de juego a cada jugador. Teniendo en cuenta que el tiempo de juego varió, fue usado un período de 20 minutos para asegurar la objetividad estadística.

El partido modificado fue una actividad en la cual los jugadores también usaron lo que ellos habían aprendido en la práctica en términos de entrenamiento táctico y técnico. Sin embargo, el juego modificado fue realizado en la mitad del campo de juego y tuvo una duración de 20 minutos, se jugó 11 jugadores contra 11 jugadores. Fue asumido que esta actividad simularía un partido de fútbol. Además, se asumió que los jugadores usarían las mismas habilidades futbolísticas tácticas y técnicas requeridas para un partido de fútbol mientras competían unos contra otros. El principal objetivo fue mejorar las habilidades tácticas y técnicas de los jugadores, no ganar el juego.

El entrenamiento táctico fue una actividad específicamente diseñada para enseñar los aspectos tácticos del fútbol luego de un período de entrada en calor de 20 minutos. El mismo incluyó combinaciones de ataque-disparo al arco para marcar un gol sin la presión de un oponente. La práctica fue realizada en la mitad del campo de fútbol, comenzando cada ataque desde la línea central hacia el arco con 6 jugadores. Tal práctica incluyó ataques con lanzamiento al arco con pases largos y se debía cruzar el campo y finalizar con un disparo al arco. Esta actividad fue parte de un período de entrenamiento de fútbol de media hora. La misma duró 20 minutos.

El entrenamiento técnico consistía de una parte específica en un período de práctica de fútbol que incluyó actividades de vencer o pasar un oponente o un obstáculo, control del balón, y pases sin presión de un oponente. El objetivo fue mejorar las habilidades técnicas de los jugadores. Específicamente, las actividades de pase, como pase contra la pared, pasar y correr, y ejercicios con 1-2 pases con una baja intensidad de carrera, fueron realizados en pares. El entrenamiento técnico fue un régimen de entrenamiento de 20 minutos en un período de entrenamiento de fútbol de media hora y seguido de un período de entrada en calor de 20 minutos.

Análisis Estadísticos

Las comparaciones estadísticas entre los valores de frecuencia cardiaca en cada una de las 4 actividades de entrenamiento de fútbol fueron hechas usando el test de Friedman. La significancia estadística fue establecida a un nivel $p \leq 0.01$.

Los porcentajes de las frecuencias cardiacas registradas fueron calculados para debajo, entre y arriba de las líneas de frecuencia cardiaca de referencia de lactato de 2- y 4-mM que mejor ilustraron los requerimientos energéticos durante las modalidades de actividad dadas (partido de fútbol, partido modificado, entrenamiento táctico y entrenamiento técnico).

RESULTADOS

Respuestas Fisiológicas

Frecuencia Cardiaca

La frecuencia cardiaca promedio más alta fue observada durante el partido de fútbol (157 ± 19 lat./min), seguida por el partido modificado (135 ± 28 lat./min), entrenamiento táctico (126 ± 21 lat./min), y entrenamiento técnico (118 ± 21 lat./min). Un análisis de las frecuencias cardiacas máxima y mínima mostró que, durante el partido de fútbol, los atletas alcanzaron la mayor frecuencia cardiaca (203 lat./min), mientras que los jugadores tuvieron la frecuencia cardiaca más baja (60 lat./min) durante el entrenamiento técnico. Las diferencias en la frecuencia cardiaca entre todas las actividades futbolísticas fueron estadísticamente significativas ($p \leq 0.01$). Las frecuencias cardiacas, expresadas como valores medios \pm desvío estándar con los valores máximo y mínimo, son presentadas en la Tabla 1.

Variable	Media±DS (lat./min)	Mínimo (lat./min)	Máximo (lat./min)
Entrenamiento Técnico	118±21	60	164
Entrenamiento Táctico	126±21	68	182
Partido Modificado	135±28	67	197
Partido de Fútbol	157±19	112	203

Tabla 1. Valores de frecuencia cardiaca mínimo, máximo y promedio durante diferentes actividades de entrenamiento.

Rangro Discreto (mM)	Partido de Fútbol (%)	Partido Modificado (%)	Entrenamiento Táctico (%)	Entrenamiento Técnico (%)
<2	13.9±12.6	45.5±24.3	63.4±20.2	77.0±14.1
2-4	36.5±17.0	30.6±10.5	32.1±16.8	22.7±13.8
>4	49.6±27.1	23.9±24.6	4.5±7.9	0±0

Tabla 2. Porcentaje de la frecuencia cardiaca registrada debajo, entre y arriba de la línea de frecuencia cardiaca de referencia de 2- y 4-mM durante diferentes actividades futbolísticas de entrenamiento.

Frecuencia Cardiaca (lat./min)	Situación de partido-juego	Referencia
157	Partido de entrenamiento	Reilly (19)
161	Partido de preparación	Ogushi et al. (17)
161	Partido competitivo	Florida-James and Reilly (11)
169	Partido de preparación	Ali and Ferrally (1)
169 (primer tiempo)	Partido competitivo	Van Gol et al. (29)
165 (segundo tiempo)		
164 (primer tiempo)	Partido competitivo	Bansbo et al. (6)
154 (segundo tiempo)		
170	Partido competitivo	Flanagan and Merick (10)

Tabla 3. Valores promedio de frecuencia cardiaca durante partidos de fútbol en diferentes estudios.

Porcentaje de la Frecuencia Cardiaca en las Líneas de Frecuencia Cardiaca de Referencia de Lactato de 2- y 4-mM

La Tabla 2 presenta el resumen en términos de porcentaje de la frecuencia cardiaca durante diferentes actividades

futbolísticas de entrenamiento. Los porcentajes de la frecuencia cardiaca registrados por debajo, entre y arriba de las líneas de frecuencia cardiaca de referencia de lactato de 2- y 4-mM durante el partido de fútbol fueron 13.9, 36.5, y 49.6%, respectivamente, para los 10 sujetos. Durante el partido modificado, el porcentaje de la frecuencia cardiaca más alto (45.5%) fue para la línea de frecuencia cardiaca de referencia debajo de 2-mM, mientras que fue de 30.6% para el rango entre 2- a 4-mM y 23.9% para la línea de frecuencia cardiaca de referencia de lactato arriba de 4 mM. Durante el entrenamiento táctico y técnico, la mayoría de las frecuencias cardiacas registradas estuvieron debajo de la línea de frecuencia cardiaca de referencia de 2-mM (63.4 y 77.0%, respectivamente) (ver Tabla 2). Como se muestra en la Tabla 2, la frecuencia cardiaca promedio del entrenamiento técnico no sobrepasó la línea de frecuencia cardiaca de referencia de lactato de 4-mM. Por otro lado, solo el 4.5% de la frecuencia cardiaca registrada durante el entrenamiento táctico estuvo arriba de la línea de frecuencia cardiaca de referencia de lactato de 4-mM.

La Figura 1 también ilustra el porcentaje de la frecuencia cardiaca registrada que estaba debajo, entre y arriba de la línea de frecuencia cardiaca de referencia de lactato de 2- y 4-mM durante diferentes actividades futbolísticas de entrenamiento. Una inspección visual de la Figura 1 muestra que el porcentaje de la frecuencia cardiaca registrada se incrementó por debajo de la línea de frecuencia cardiaca de referencia de lactato de 2-mM a medida que cambiaba la naturaleza de la actividad futbolística. Mientras que la mayor parte de los porcentajes de la frecuencia cardiaca estaban por debajo de la línea de frecuencia cardiaca de referencia de lactato de 2-mM para el entrenamiento técnico, en el partido de fútbol, la mayor parte de los porcentajes de la frecuencia cardiaca estuvieron arriba de la línea de frecuencia cardiaca de referencia de lactato de 4-mM.

La Figura 2 a-d muestra la curva de respuesta de la frecuencia cardiaca durante el partido de fútbol, el partido modificado, y las actividades de entrenamiento táctico y técnico para las líneas de frecuencia cardiaca de referencia de lactato de 2- y 4-mM de un jugador. Esta curva de respuesta de la frecuencia cardiaca muestra visualmente como cambiaron los valores de frecuencia cardiaca con respecto a los niveles umbral de lactato sanguíneo. Examinando los niveles umbral de lactato sanguíneo y los valores de frecuencia cardiaca en la Figura 2 para 1 jugador, el lector puede examinar el camino por el cual los valores de frecuencia cardiaca estuvieron por debajo, entre, y arriba de las líneas de frecuencia cardiaca de referencia de lactato. La Figura 2 ilustra la naturaleza intermitente del fútbol como actividad física.

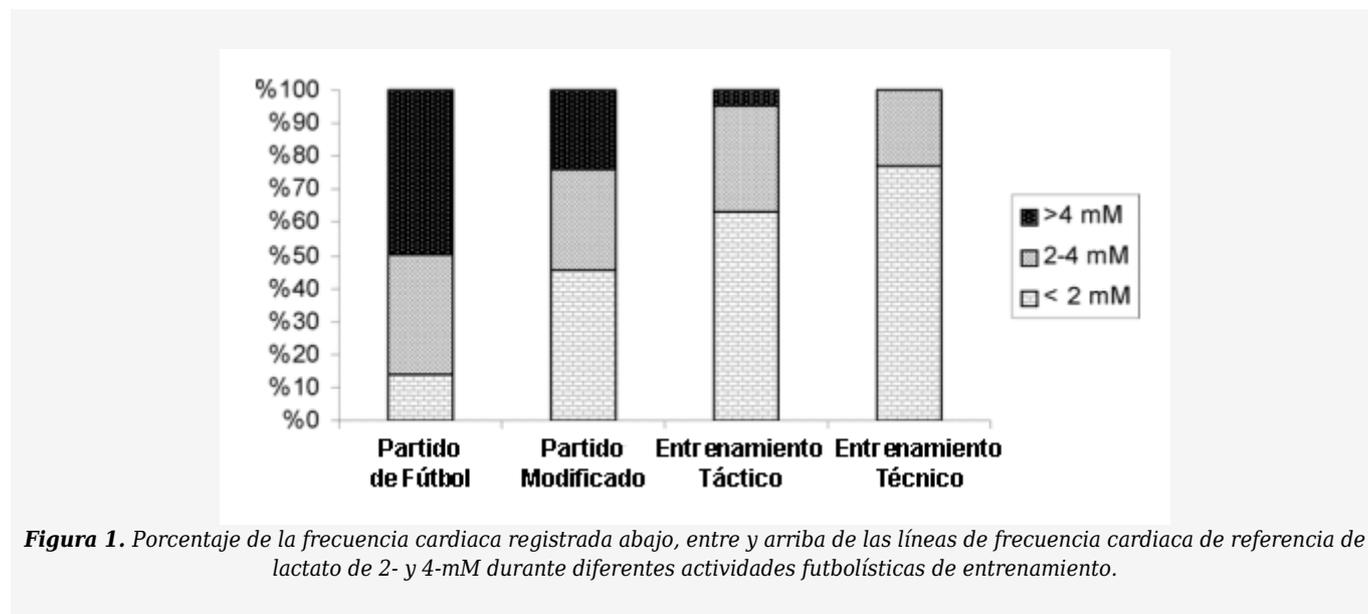


Figura 1. Porcentaje de la frecuencia cardiaca registrada abajo, entre y arriba de las líneas de frecuencia cardiaca de referencia de lactato de 2- y 4-mM durante diferentes actividades futbolísticas de entrenamiento.

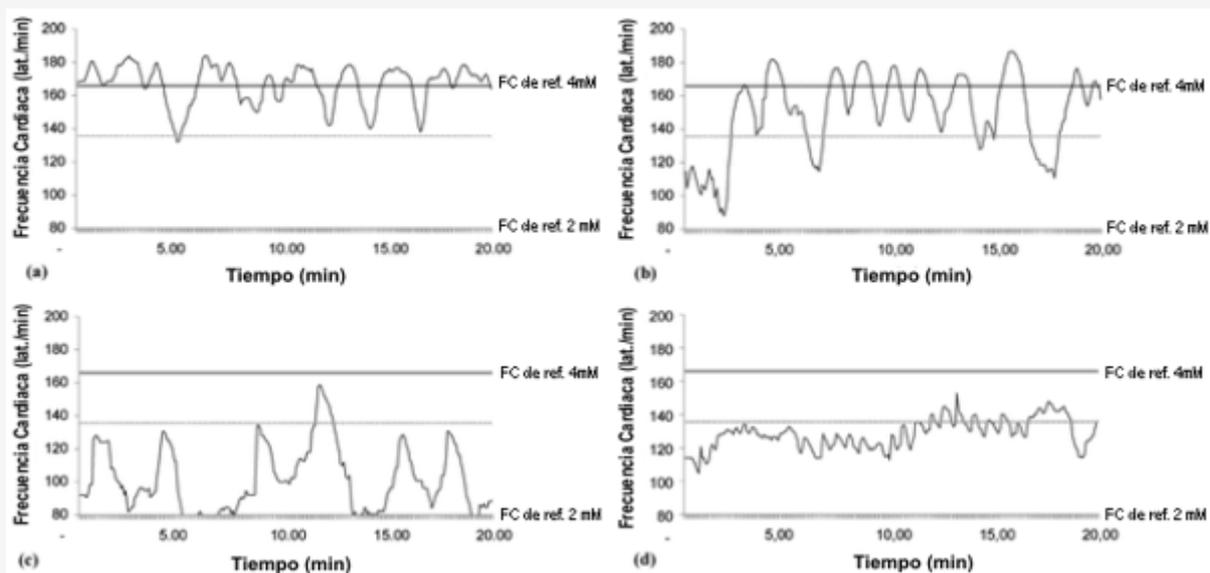


Figura 2. Repuestas de la frecuencia cardiaca (FC), mostrando las líneas de frecuencia cardiaca de referencia de lactato de 2- y 4- mM para un solo sujeto durante (a) un partido, (b) un partido modificado, (c) un entrenamiento táctico, y (d) un entrenamiento técnico.

DISCUSION

El presente estudio investigó las respuestas de la frecuencia cardiaca de jugadores de fútbol de élite en un partido de fútbol, un partido modificado, y actividades de entrenamiento táctico y técnico. Los hallazgos mostraron que los valores de frecuencia cardiaca de los atletas de élite variaron con las sesiones de entrenamiento. Específicamente, los valores más altos de frecuencia cardiaca ocurrieron durante el partido de fútbol (frecuencia cardiaca promedio=157±19 lat./min), y los valores de frecuencia cardiaca más bajos ocurrieron durante la actividad de entrenamiento técnico (frecuencia cardiaca promedio=118±21 lat./min). Además, los valores de frecuencia cardiaca promedio durante las actividades de entrenamiento táctico y técnico fueron más bajos que los valores durante el partido modificado. En términos de frecuencia cardiaca promedio que tuvieron los jugadores durante cada sesión de entrenamiento (partido de fútbol, partido modificado, entrenamiento táctico y técnico), los hallazgos del presente estudio coinciden con los sistemas de categoría de entrenamiento de Flanagan y Merrick (10). Mientras un partido de fútbol puede ser categorizado como de alta intensidad, los valores de frecuencia cardiaca estuvieron en la categoría de moderada intensidad para el partido modificado. Por otro lado, los valores de frecuencia cardiaca para las actividades de entrenamiento táctico y técnico estuvieron en la categoría de baja intensidad.

Cuantificar y evaluar el estrés fisiológico de jugadores de fútbol durante diferentes actividades futbolísticas de entrenamiento son dos de los factores más importantes que son considerados cuando se planifica programas de entrenamiento de fútbol. Teniendo en cuenta que la recolección de los datos de frecuencia cardiaca no es complicada y causa pocos inconvenientes a los jugadores, puede ser especulado que los valores de frecuencia cardiaca pueden ser usados como una variable clave para estimar la intensidad de juego durante un partido de fútbol. Es común usar la frecuencia cardiaca como una medida de la intensidad del ejercicio en el campo. Generalmente, existe una relación lineal entre la frecuencia cardiaca, tasa de trabajo, y el consumo de oxígeno, pero a intensidades de ejercicio cercanas al máximo, la linealidad entre la frecuencia cardiaca y el VO_2 no se observa siempre (2). En este caso, la linealidad fue asumida entre la frecuencia cardiaca y la intensidad de ejercicio; así, la frecuencia cardiaca refleja la verdadera intensidad del ejercicio. Para varios estudios, las frecuencias cardiacas promedio durante el entrenamiento y los partidos fue usada como una medición del estrés fisiológico que tienen los jugadores, a pesar de la naturaleza intermitente de la actividad futbolística (4, 23).

Estudios anteriores han reportado que los valores de frecuencia cardiaca durante un partido de fútbol fueron aproximadamente 157-175 lat./min; sin embargo, estos valores de frecuencia cardiaca estuvieron relacionados a partidos, pero no a entrenamientos de fútbol (1, 4, 10, 11, 17, 19, 29). Estos valores de frecuencia cardiaca son presentados en la Tabla 3.

La razón por la cual hubo valores más altos de frecuencia cardiaca durante el partido y el partido modificado en comparación a la frecuencia cardiaca durante el entrenamiento futbolístico táctico y técnico podría ser debido a que el partido es jugado bajo la presencia física y la presión de un oponente. Los jugadores, reaccionando a este tipo de presión, deben moverse rápidamente durante el partido, lo cual resulta en un incremento de la frecuencia cardiaca. Además, durante el partido, el nivel de la frecuencia cardiaca media fue mayor que durante el partido modificado. La razón para esto podría ser que, para el partido de fútbol, la actividad tuvo lugar en un campo de juego más grande con un mayor estrés psicológico. La dimensión del campo de juego para el partido modificado fue la mitad que para el partido de fútbol estándar, pero el partido de fútbol fue jugado en un campo de fútbol estándar.

De acuerdo a otro estudio similar, los valores de frecuencia cardiaca promedio fueron 144, 143 y 153 lat./min durante actividades de entrenamiento técnico tales como cruces amplios, lanzamiento directo, y ejercicios de frenado rápido, respectivamente. En el mismo estudio, los valores de frecuencia cardiaca promedio durante el partido fueron altos (170 lat./min de promedio) (10).

Teniendo en cuenta que no fueron observados valores de frecuencia cardiaca en estado estable durante las actividades futbolísticas, es difícil interpretar el estrés fisiológico de los jugadores solamente en base a este parámetro. En algunos estudios, los rangos discretos de frecuencia cardiaca han sido usados para evaluar el estrés fisiológico durante un partido de fútbol (10, 24). El porcentaje del tiempo total gastado dentro de los rangos discretos de frecuencia cardiaca puede dar una idea acerca del estrés fisiológico de los jugadores, pero puede haber algunas diferencias fisiológicas individuales en la respuesta de la frecuencia cardiaca, aún durante el mismo ejercicio. Esto es porque, en este estudio, siendo que las líneas de frecuencia cardiaca de referencia de lactato de 2- y 4-mM constituyen un parámetro de referencia conveniente para mostrar diferencias individuales (3, 14), fueron usadas para cada jugador para determinar la intensidad en diferentes actividades futbolísticas de entrenamiento.

Dadas estas observaciones, el segundo propósito de este estudio fue estimar la verdadera intensidad de ejercicio examinando la relación entre los valores de frecuencia cardiaca que fueron medidos durante el partido de fútbol, el partido modificado, y las actividades de entrenamiento táctico y técnico en las líneas de frecuencia cardiaca de referencia de lactato de 2- y 4-mM que fueron determinadas durante un test de ir y volver incremental. Los resultados mostraron que los valores de frecuencia cardiaca debajo, entre y arriba de las líneas de frecuencia cardiaca de referencia de lactato de 2- y 4-mM cambiaron con el tipo de actividad. Explícitamente, este estudio sugirió que los porcentajes de la frecuencia cardiaca registrados arriba de la línea de frecuencia cardiaca de referencia de lactato de 4-mM durante el partido y el partido modificado fueron 50 y 25%, aproximadamente. Los porcentajes durante el entrenamiento táctico y técnico fueron 4.5 y 0%, respectivamente (Tabla 2). Asumiendo que las respuestas de la frecuencia cardiaca arriba de la línea de frecuencia cardiaca de referencia de lactato de 4-mM indican trabajo anaeróbico de alta intensidad, los índices del componente aeróbico/anaeróbico del trabajo durante el partido de fútbol, el partido modificado, y las actividades de entrenamiento táctico y técnico puede ser aproximadamente 50%:50%, 75%:25%, 96%:4% y 100%:0%, respectivamente. Las razones para esta alta tasa de gasto energético anaeróbico durante las actividades relacionadas al partido podrían ser explicadas como resultado de las frecuentes aceleraciones, desaceleraciones, cambios rápidos de dirección, sprints intermitentes, saltos, marcaje en el suelo, y movimientos hacia atrás y hacia los costados. Estos movimientos son algunas veces observados durante el entrenamiento táctico y técnico. Por ejemplo, Reilly y Thomas (25) también reportaron que el costo fisiológico fue alto durante los movimientos hacia atrás y hacia los costados.

Ogushi et al. (17) estudió la intensidad fisiológica en partidos de fútbol midiendo las velocidades de carrera y luego correlacionó estas velocidades de carrera con las concentraciones de lactato sanguíneo obtenidas a partir de mediciones de laboratorio. Ellos indicaron que los porcentajes del tiempo gastado arriba de la línea de frecuencia cardiaca de referencia de lactato de 4-mM fueron 8.8, 10.4, y 11.9% para 3 sujetos, respectivamente, durante un partido de fútbol competitivo.

Rohde y Espersen (26) reportaron que hubo una diferencia significativa entre un partido de fútbol y un entrenamiento que consistió de juegos de práctica menor. Durante el partido, los jugadores estuvieron en un intervalo de gasto energético alto por el 26% del tiempo, mientras que durante el entrenamiento, el intervalo representó el 4% del tiempo. La razón dada para esto fue que el juego de práctica menor fue llevado a cabo con un número limitado de jugadores y dentro de un espacio de juego limitado.

En el presente estudio, los porcentajes de la frecuencia cardiaca que fueron registrados debajo de la línea de frecuencia cardiaca de referencia de lactato de 2-mM durante el entrenamiento táctico y técnico fueron 63 y 77%, respectivamente (Tabla 2). Teniendo en cuenta que este tipo de entrenamiento fue muy bajo en intensidad, los requerimientos energéticos durante estos períodos de entrenamiento podrían ser suministrados a partir de fuentes aeróbicas. Además, a partir de los valores de la frecuencia cardiaca obtenidos durante el entrenamiento táctico y técnico, los resultados implican que la intensidad del ejercicio no fue suficiente para inducir un efecto fisiológico de entrenamiento, pero este tipo de entrenamiento puede ser suficiente para proporcionar mejora de la habilidad. De hecho, los entrenadores usan la práctica

técnica para mejorar el entendimiento técnico de sus jugadores del juego y ayudarlos a alcanzar mayor habilidad para que puedan aplicarla durante los partidos de fútbol. Sin embargo, si el objetivo del entrenador es mejorar la condición física de los jugadores, entonces la aplicación del entrenamiento debería ser orientada hacia el gasto energético anaeróbico. En otras palabras, el estímulo de entrenamiento debe alcanzar una intensidad proporcional a la capacidad umbral del jugador (7).

El análisis detallado de la frecuencia cardiaca de todo el entrenamiento de fútbol para un jugador es presentado en la Figura 2. Estos resultados sugieren que no solo las actividades relacionadas a los partidos de fútbol, sino también las actividades técnicas y tácticas, tienen una naturaleza intermitente con respecto al gasto energético.

Aplicaciones Prácticas

El mayor problema que ocurre cuando se integra un enfoque físico y técnico al entrenamiento es la dificultad del entrenador para cuantificar en forma exacta las intensidades de entrenamiento. Estimar la intensidad de ejercicio durante diferentes actividades de entrenamiento y coordinar el entrenamiento de fútbol con las intensidades de ejercicio va a ayudar en la estructuración de un programa de entrenamiento que mejor se adapta a los jugadores de fútbol. Usando los valores de frecuencia cardiaca y los niveles umbral de lactato sanguíneo, los entrenadores e investigadores pueden estimar la carga fisiológica en una forma individualizada y objetiva.

Además, los resultados del presente estudio sugieren que el entrenamiento de ejercicio específico para el fútbol usando la pelota debe estar coordinado con la monitorización de la frecuencia cardiaca durante las sesiones de entrenamiento. Esto permitiría a los entrenadores determinar la verdadera carga cardiovascular individual para optimizar el entrenamiento o para controlar la concordancia del estímulo fisiológico impuesto a los jugadores con el entrenamiento previamente programado.

Específicamente, usando las líneas de frecuencia cardiaca de referencia de lactato de 2- y 4-mM, los entrenadores pueden construir zonas de frecuencia cardiaca que pueden ayudar para determinar intensidades de ejercicio individualizadas para sus jugadores. Para cada zona de frecuencia cardiaca, las frecuencias cardiacas medidas de los jugadores durante el entrenamiento podrían permitir a los entrenadores determinar las intensidades de entrenamiento que deberían ser alcanzadas.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los futbolistas del Club Denizlispor por dar su tiempo y esfuerzo para participar como sujetos en este estudio y a los doctores S. Bereket y H.F. Mavi, de la Celal Bayar University, Departamento de Educación Física y Deporte, Manisa, Turquía, por editar y finalizar el manuscrito.

Dirección para el Envío de Correspondencia

Dr. Niyazi Eniseler, correo electrónico: niyazi.eniseler@bayar.edu.tr

REFERENCIAS

1. Ali, A., and M. Farrally (1991). Recording soccer players' heart rates during matches. *J. Sports Sci.* 9:183-189
2. Astrand, P.O., and K. Rodahl (1977). *Textbook of Work Physiology*. New York: McGraw-Hill
3. Aunola, S., and H. Rusko (1984). Reproducibility of aerobic and anaerobic thresholds in 20-50 year old men. *Eur. J. Appl. Physiol.* 53:260-266
4. Bangsbo, J (1994). A physiology of soccer with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol. Scand.* 151:619
5. Bangsbo, J (1994). Physiological demands. In: *Futboll (Soccer)*. B. Ekblom, ed. London: Blackwell Scientific; pp. 43-59
6. Bangsbo, J., L. Norregaard, and F. Torso (1991). Activity profile of competition soccer. *Can. J. Sports Sci.* 16:110-116
7. Bompa, T.O (1999). *Periodization: Theory and Methodology of Training*. Champaign, IL: Human Kinetics
8. Brady, K., A. Maile, and B. Ewing (1997). An investigation into the fitness of professional soccer players over two seasons. In: *Science and Football III*. T. Reilly, J. Bangsbo, J. Clarys, I. Franks, and M. Hughes, eds. London: E & FN Spon; pp. 118-122
9. Da Silva, S.G., L. Kaiss, V. Campos, and I. Ladewig (1999). Decrease in aerobic power and anaerobic threshold variables with age in Brazilian soccer players. In: *IV World Congress of Science and Football*. W. Spinks, ed. Sydney, Australia; p. 56
10. Flanagan, T., and E. Merrick (2002). Quantifying the work-load of soccer players. In: *Science and Football IV*. W. Spinks, T. Reilly, and A. Murphy, eds. London: Routledge, Taylor & Francis; pp. 341-349
11. Florida-James, G., and T. Reilly (1995). The physiological demands of gaelic football. *Br. J. Sports Med.* 29:411-445
12. Foster, C., J.A. Florhaug, J. Franklin, L. Gottschall, L.A. Hrovatin, S. Parker, P. Doleshal, and C. Dodge (2001). A new approach to

- monitoring exercise training. *J. Strength Cond. Res.* 15:109-115
13. Islegen, C., M.F. Acar, A. Cecen, T. Erdinc, R. Varol, G. Tiryaki, and O. Karamizrak (1997). Effects of different pre-season preparations on lactate kinetics in professional soccer players. In: *Science and Football III*. T. Reilly, J. Bangsbo, and H. Stibbe, eds. London: E & FN Spon; pp. 103-105
 14. Kindermann, W., H. Gábrial, B. Coen, and A. Urhausen (1993). Sportmedizinische leistungsdiagnostik im fußball. *Dtsche. Z. Sportmed.* 44:232-244
 15. Kindermann, W., G. Simon, and J. Keul (1979). The significance of the aerobic and anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *Eur. J. Appl. Physiol.* 42:25-34
 16. Kuhn, W.A (1993). Comparative analysis of selected motor performance variables in American football, rugby union and soccer players. In: *Science and Football II*. T. Reilly, J. Clarys, and A. Stibbe, eds. London: E & FN Spon; pp. 62-69
 17. Ogushi, T., J. Ohashi, H. Nagahama, M. Isokawa, and S. Suzuki (1993). Work intensity during soccer match-play (a case study). In: *Science and Football II*. T. Reilly, J. Clarys, and A. Stibbe, eds. London: E & FN Spon; pp. 121-123
 18. Ohashi, J., H. Nagahama, M. Isokawa, S. Suzuki, and T. Ogushi (1993). The ratio of physiological intensity of movements during soccer match-play. In: *Science and Football II*. T. Reilly, J. Clarys, and A. Stibbe, eds. London: E & FN Spon; pp. 124-128
 19. Reilly, T (1986). Fundamental studies in soccer. In: *Sportspielforschung: Diagnose Prognose*. H. Kasler and R. Andersen, eds. Hamburg: Verlag Ingrid Czwalina; pp. 114-120
 20. Reilly, T (1990). Football. In: *Physiology of Sports*. T. Reilly, N. Secher, P. Snell, and C. Willams, eds. London: E & FN Spon; pp. 371-425
 21. Reilly, T (1994). Physiological profile of the player. In: *Football (Soccer)*. B. Ekblom, ed. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications; pp. 78-94
 22. Reilly, T (1996). Motion analysis and physiological demands. In: *Science and Soccer*. T. Reilly, ed. London: E & FN Spon; pp. 65-79
 23. Reilly, T (1997). Energetic of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *J. Sports Sci.* 15:257-263
 24. Reilly, T., and S. Keane (2002). Estimation of physiological strain on Gaelic football players during match-play. In: *Science and Football IV*. W. Spinks, T. Reilly, and A. Murphy, eds. London: Routledge, Taylor & Francis; pp. 157-159
 25. Reilly, T., and V. Thomas (1984). Exertional costs of changes in directional modes of running. *Percept. Mot. Skills.* 58:49-50
 26. Rohde, H.D., and T. Espersen (1988). Work intensity during soccer training and match-play. In: *Science and Football I*. T. Reilly, A. Lees, K. Davids, and W.J. Murphy, eds. London: E & FN Spon; pp. 68-75
 27. Shephard, R.J (1999). Biology and medicine of soccer: An update. *J. Sports Sci.* 17:757-786
 28. Sjodin, B., and I. Jacobs (1981). Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *Int. J. Sports Med.* 2:23-26
 29. Van Gool, D., D. Van Gerven, and J. Bautmans (1988). The physiological load imposed on soccer players during real match-play. In: *Science and Football I*. T. Reilly, A. Lees, K. Davids, and W.J. Murphy, eds. London: E & FN Spon; pp. 51-59

Cita Original

Eniseler Niyazi. Heart Rate and Blood Lactate Concentrations as Predictors of Physiological Load on Elite Soccer Players During Various Soccer Training Activities. *J. Strength Cond. Res.*; 19 (4): 799-804, 2005.