Frecuencia cardiaca en el periodo competitivo en jugadores mediocampistas de fútbol de rendimiento

JULIO ORLANDO SÁNCHEZ CARRILLO
OSCAR HORACIO BERNAL*

Resumen

El presente estudio se realizó en la ciudad de Santa fe de Bogotá, con el propósito de determinar el comportamiento de la frecuencia cardiaca en los jugadores mediocampistas durante encuentros de competencia, mediante la utilización de un método electrónico no invasivo, se registró la distancia recorrida mediante un método manual directo (registro sobre una planilla con el sistema de campograma milimetrado) y un método de videgrabadora (registro en pantalla de T.V. a través del VTR).

Con la utilización del monitor Polar Heart Rate Vantage XL se grabaron registros de la frecuencia cardíaca (F.C.) cada 5 segundos en partidos de competencia de noventa minutos; la muestra fue de ocho jugadores con edades comprendidas entre 15 y 33 años en las categorías: A, B, senior y C.

Los resultados arrojaron una media de 148.1 P.P.M. para la categoría A DS +/- 17.3; 170 P.P.M. para la categoría B DS +/- 14.9 P.P.M.; 166.5 P.P.M. para la categoría senior DS +/- 12.7 P.P.M y 162.4 P.P.M. para la categoría C DS +/- 8.8 P. P. M.. Respecto a las distancias recorridas la media para el total de la muestra fue de 10.501.74 metros con una DS +/- 1.554.44; la comparación de las distancias a través del método manual directo y el de videgrabadora arrojaron diferencias entre el 15% y el 30%. El tiempo real de juego para el total de los partidos fue de 43.3 minutos.

El carácter empírico-analítico de tipo descriptivo (transversal) de este estudio, al parecer de los primeros en Colombia, proyecta a través del análisis segmentario de los datos, el diseño de métodos de entrenamiento específico en el periodo competitivo.

*Profesores Facultad de Educación Física, Universidad Pedagógica Nacional.

El fútbol, considerado como el deporte más popular en el mundo, ha sido motivo de investigaciones en muchos ámbitos: en lo técnico, en lo táctico, en lo psicológico, en lo social, en lo físico etc., dentro de los cuales está la respuesta del jugador desde el punto de vista del esfuerzo físico en los partidos de competencia.

Dentro del perfil fisiológico de los jugadores de fútbol se han estudiado: el comportamiento del ácido láctico, las concentraciones de glucógeno muscular, las características de las fibras musculares, los niveles de torque y el radio de los extensores y flexores de la rodilla, la potencia aeróbica, la potencia anaeróbica, la capacidad de aceleración, el consumo de oxígeno, la composición corporal, el comportamiento de la frecuencia cardiaca, entre otros;

estableciendo relaciones entre sí, con el tiempo, las acciones de juego, las distancias recorridas y otras variables con el fin de tener una mayor comprensión de la actividad del jugador durante la competencia.

El perfil fisiológico del futbolista, manifestado a través de un análisis detallado de las distintas capacidades físicas y biológicas estudiadas, puede describirse analíticamente como el de un deportista que no debe poseer una potencia aeróbica elevada ($\text{VO}_2 \text{ max} = 44\text{-}60 \text{ ml. Kg. min}^{-1}$), así como tampoco distinguirse por una potencia anaeróbica alactácida, láctida o una fuerza explosiva demasiado alta. Otros concluyen en términos de una buena explosividad, buena capacidad aeróbica-láctica, elevada, utilización del glucógeno ($0.3\text{-}1.7 \text{ g/100g}$ músculo), capacidad aeróbica normal, buena potencia muscular y práctica de un gesto muy complejo.

Las mediciones han demostrado que el tiempo efectivo de juego, es decir, balón en movimiento de un partido de 90 minutos es de unos 56 minutos y que los jugadores recorren en este tiempo unos 8000-11000 metros, en los que anda, según la posición del jugador, de 1700-3000 metros, trota de 4500-7500 metros (o se corre), y hace sprints sobre 800-1600 metros (saques de puerta 3-60 metros). Esto también lo señala Edgar M., en un estudio de valoración de las cualidades físicas en futbolistas Colombianos, mediante pruebas de campo, en los que hace referencia a estudios que discreparon mucho en cifras sobre promedios que varían entre 1,6 y 17 Kilómetros. Pero análisis más recientes y detallados, con metodologías más sólidas muestran un rango que oscila entre 9.6 y 11 Kms; sin embargo, cabe resaltar que dichos estudios enfatizan en los mediocampistas como los jugadores que más recorrido realizan durante los 90 minutos.

En cuanto al promedio de la distancia recorrida comparada con la intensidad, es de un 50 a 60.3% con baja intensidad (andar), de 20.6 a 25% a intensidad submáxima (trote) y de un 10.7 a 25% la intensidad se acerca al máximo. El ítem fisiológico que determina la intensidad en este estudio es la FC, que describe que durante la mayor parte del tiempo (2/3 partes), la FC muestra valores correspondientes al 85% del máximo teórico. Teniendo en cuenta los valores anteriores se podría decir que se anda entre 4000 y 4500 metros, se trota y corre entre 1500 y 2500 metros y se realizan sprints entre 1000 y 1800 metros aproximadamente.

Según Bangsbo y Cols, "un jugador permanece parado o camina durante casi la mitad del juego, y la distancia total cubierta es alrededor de 11 kilómetros, que corresponde a una velocidad de 7.2Km/h". Aunque este valor refleja sólo en parte las actividades físicas de los jugadores, ellos realizan muchas más actividades

que no son detalladas por el análisis de la distancia cubierta; por ejemplo, aceleraciones, cambios de dirección, desaceleraciones, saltos, levantarse del piso, etc. Para los jugadores profesionales de élite, la duración total de los esfuerzos a alta intensidad, durante un partido de fútbol, es de alrededor de 19 piques de velocidad o sprints, con una duración promedio de 20 seg. Bauer, G. y Ueberle, H., mencionan un estudio de Palfai, que midió, entre los años 1960 y 1962, el rendimiento en carrera de los 22 mejores jugadores en 52 partidos de la liga Húngara. Estableció para los jugadores de cada demarcación, 2880 m., únicamente para los mediocampistas. Luego, Palfai, tomó otras máximas mundiales absolutas superiores a 4000 m., y estos valores se convirtieron en historia en los últimos 20 años.

Winkler pudo determinar las distancias de jugadores de la Bundesliga alemana en la temporada 81-82, dentro de un estudio del Instituto de Ciencias del Deporte de la Universidad de Gottingan. Los datos se consiguieron con la ayuda de sofisticados análisis de grabaciones de video y encontró valores para los centrocampistas entre 10.726 y 11.490 metros.

Tumilty, en un estudio de la características fisiológicas de los jugadores de élite en 1993 establece un promedio de distancia recorrida de 10.000 m. con variaciones que dependen del rol del jugador, la táctica y la estrategia.

Sin duda, es de gran ayuda conocer cuales son las frecuencias cardíacas (FC) que alcanzan los jugadores en competición. Estas varían aproximadamente 125 a 200 latidos/minuto en los delanteros, con una duración que va desde 2 minutos hasta 12 minutos. En defensas y centrocampistas la FC predominante (30 minutos aproximadamente) se sitúa a nivel del umbral aeróbico-anaeróbico (150-170 latidos/minuto), mientras que las FC más altas (hasta

200 lat/min) ó más bajas (hasta 120) han sido registradas en períodos de tiempo inferiores.

Con base en los resultados, parece lógico que la mayoría de los jugadores alcancen la FC máxima, ó frecuencias próximas a esta en un período de tiempo bastante prolongado. Smoldlaka ha demostrado que en los dos tercios del partido la FC oscila alrededor del 85% de la máxima. Ekblom y Col. han observado valores similares en jugadores aficionados. Por tanto es probable que el consumo de oxígeno durante el partido se aproxime al 70-80% del VO_2 máx. Valores sobre el 60-80% del VO_2 máx. fueron pronosticados sobre cálculos puramente teóricos por Bosco.

Ali, A. y Farrally reportan una media de la FC y desviación standard en jugadores semiprofesionales de 172 ± 12 , 176 ± 9 y 166 ± 15 pulsaciones por minuto (PPM). en delanteros, mediocampistas y defensas respectivamente; en jugadores universitarios, 171 ± 13 , 173 ± 10 y 156 ± 13 PPM. para delanteros, mediocampistas y defensas respectivamente, y en jugadores recreacionales 173 ± 13 , 170 ± 12 y 162 ± 13 PPM para delanteros, mediocampistas y defensas respectivamente. El análisis por posición de juego revela que los delanteros y mediocampistas obtuvieron medias más elevadas de la FC que los defensas.

Materiales y métodos

En este estudio cuasi-experimental de tipo descriptivo (transversal), ha sido de nuestro interés medir la FC en los futbolistas, específicamente en los jugadores mediocampistas en las situaciones reales de juego, es decir, en los partidos oficiales de competencia. Con este estudio, que hace uso de un monitor que no interfiere con los movimientos normales dentro del campo de fútbol, se pretende describir, en Colombia, el comportamiento en jugadores de rendimiento, y tener un acercamiento al tipo y características de trabajo durante la competencia para generar, con el tiempo, posibles métodos interválicos de entrenamiento.

Este estudio encuentra limitaciones en el orden cultural, pedagógico y económico en nuestros clubes de fútbol, ya que los recursos humanos y materiales implican costos adicionales. Desde el punto de vista cultural, nuestros jugadores no aceptan la utilización de aparatos durante la competencia; los jueces tienen prohibido por la FIFA, la utilización de elementos extraños a los autorizados. De cualquier manera, en nuestro país, se están dando pasos en investigación individualizada, independiente de los resultados durante los partidos de fútbol.

Para el presente estudio, se tomaron ocho jugadores de equipos de la ciudad de Bogotá así:

Tabla No. 1 Características y clasificación de la muestra en Bogotá

Categoría	No. de jugadores testeados	Clasificación
A	Uno	Profesional
B	Uno	Semiprofesional
C	Cinco	Amateur
Senior	Uno	Aficionado
n	Ocho	Muestra

n = Total de la muestra examinada

Todos los sujetos se encontraban en período competitivo y se desempeñaron como mediocampistas. Además de las mediciones de

la frecuencia cardiaca y la distancia recorrida, se obtuvieron datos generales de su ficha deportiva. Tabla 2.

Tabla No. 2 Características generales de la muestra

Categoría	Peso(kg)	Talla (m)	Edad (años)	FC Reposo (ppm)
A	75	1.71	28	62
B	80	1.75	21	72
Senior	75	1.80	33	60
C	70	1.76	25	48
	72	1.70	19	57
	75	1.84	15	60
	65	1.70	22	64
	62	1.70	19	70
Media	71.75	1.75	22.75	61.63

Antes de las mediciones durante los partidos de competencia, los jugadores se adaptaron al uso del Heart Rate Monitor (Polar Vantage XL, que consta de una cinta que se coloca sobre el tórax. En su parte anterior posee sensores que detectan directamente la frecuencia cardiaca y la emiten a una distancia máxima de un metro a un receptor, reloj, encargado de registrar y grabar a intervalos de 5, 15 y 60 segundos), durante los entrenamientos, con el objeto de descartar, durante los partidos de competencia, las sensaciones que psicológicamente pudieran sentir e influir en su rendimiento deportivo.

El total de sujetos examinados fue de 15, de los cuales, para este proyecto se analizaron, solamente los resultados completos de 8 de ellos; los demás se descartaron por falta de colaboración de los árbitros, rechazo del jugador, expulsión durante el partido y sustituciones de los sujetos por parte del cuerpo técnico. La muestra final quedó representada por un jugador de la categoría senior, uno de la categoría A, uno de la categoría B y cinco de la categoría C. Los porcentajes respecto al total de volantes de Bogotá están consignados en la tabla 3.

Tabla No. 3 Distribución porcentual de la muestra respecto a la población aproximada de mediocampista en Bogotá

Categoría	N= Muestra	N=Población	Porcentaje
A	1	16	0.73
B	1	16	0.73
Senior	1	10	0.73
C	5	64	3.67
Total	8	106	5.86

El protocolo durante los partidos oficiales consistió en colocar el monitor durante el calentamiento, cronometrar el tiempo real de jue-

go (Cronómetros Cassio), hacer el registro de la distancia recorrida con la utilización de planillas milimetradas, sistema campograma (cam-

po de fútbol dibujado, en el que se consignan las medidas del campo real de juego y se registran los movimientos del jugador, teniendo en cuenta áreas de referencia como el círculo central y las áreas chicas. El registro se realiza durante cinco minutos y se pasa a una planilla nueva), y filmar el partido completo (Camera Recorder 8 Sony CCD-F55); con la participación de seis auxiliares y dos controladores.

Los auxiliares y controladores fueron entrenados durante un período de mes y medio en partidos de competencia exclusivamente con el registro de jugadores mediocampistas, hasta obtener la mecánica, especialmente en el registro manual de la distancia recorrida y la optimización de la grabación en el video del sujeto muestra.

Resultados y discusión

Inicialmente los datos fueron grabados en la memoria del Polar Vantage XL, luego fueron procesados con la interface en un computador, para obtener, finalmente, las curvas de frecuencia de pulso y, uno a uno cada cinco segundos, los datos de la frecuencia cardiaca durante los dos tiempos del partido y el descanso, para cada jugador.

A cada jugador se le llevaron dos planillas de la distancia recorrida y se le grabó el video durante la totalidad del encuentro. Empleando la metodología de Álvarez para distancia recorrida, el total de la muestra dejó una media de 10.5 Km. con DS de ± 1.55 Km. Tabla 4.

Tabla No. 4 Distancia recorrida durante un partido de competencia

Categoría	Primer tiempo (metros)	Segundo tiempo (metros)	Total (metros)
A	6934.41	5076.22	12010.63
B	4913.98	4425	9338.98
Senior	5572.60	5894.4	11467.00
C	6402.84	6529.56	12932.40
	6027.71	4216.92	10244.63
	3958.04	4252.72	8210.76
	5012.30	4435.39	9447.69
	4676.31	5685.48	10361.79
Media	5437.27	5064.46	10501.74
D.S.	982.87	878.55	1554.44

Respecto a la frecuencia cardiaca máxima teórica (FC. Max. Teo.) para el total de inflexiones, se encontró una media de 167.86 (DS ± 12.74) PPM que corresponde al 85% (FC Max Teo). Las inflexiones ascendentes de la FC arro-

jaron una media de 167.86 PPM (DS ± 12.74), que también corresponde al 85%, y las descendentes de la frecuencia cardiaca media, 153.64 PPM (DS ± 12.23) que corresponde al 77.8%. Tabla 5.

Tabla No. 5 Inflexiones de la frecuencia cardiaca del total de la muestra durante un partido de competencia

Ascendentes	%FC Max teo	Descendentes	%FC Max teo	Total	% FC Max teo
X=167.86	85	X=153.64	77.8	X=167.86	85
DS=+/- 12.74		DS=+/-12.23		DS=+/-12.74	

Frecuencia cardiaca máxima teórica = 197.25 PPM= 100%. n = 8

Comparando el total de inflexiones de la muestra con cada categoría, se encontró que el jugador de la categoría A estuvo por debajo del

porcentaje de FC. Max. Teo en 4.8 %; el de la B el 3.5% por encima; el senior 7.1% por encima y la C 0.7% por debajo. Tabla 6.

Tabla No. 6 Total de inflexiones de la frecuencia cardiaca por categorías durante un partido de competencia

Categoría	Media (PPM)	D.S. (PPM)	%FC Max Teo
A	148.1	17.3	77.1
B	170.0	14.4	85.4
Senior	166.5	12.7	89.0
C	162.4	8.8	81.2
Total	161.5	9.6	81.9

El análisis comparativo de las inflexiones ascendentes y descendentes a partir de la tabla 7, con cada una de las categorías mostró lo siguiente: que la categoría A estuvo el 5.4% y el 5.6%

por debajo; la categoría B el 5.2% y el 1.3% por encima; la categoría Senior el 7.6% y el 7.2% por encima; y la categoría C el 2% por debajo, y el 1.9% por encima respectivamente.

Tabla No. 7 Inflexiones de la frecuencia cardiaca por categorías durante

Categoría	Ascendentes Media y D.S.	Descendentes Media y D.S.	Ascendentes %FC Max Teo	Descendentes %FC Max Teo
A	152.8+/-11.4	138.9+/-12.6	79.6	72.2
B	179.5+/-7.3	157.4+/-6.4	90.2	79.1
Senior	173.1+/-6.2	158.9+/-7.8	92.6	85.0
C	166.0+/-6.1	159.3+/-6.0	83.0	79.7

El tiempo real de juego para el total de la muestra fue de 43.3 minutos, que comparado

con otros estudios es menor en 12.7 minutos. Tabla 8.

Tabla No. 8 Tiempo real de juego por categorías

Categoría	Primer tiempo	Segundo tiempo	Total
A	21.3	22.7	44.0
B	23.1	20.0	43.1
Senior	19.5	21.3	40.8
C	20.8	24.5	45.3
Media	21.17	22.3	43.3

Conclusiones

1. El comportamiento de la frecuencia cardiaca de los mediocampistas analizados, en cuanto a la media, presentó el mayor valor para la categoría B (170 PPM) y el menor valor para la categoría A (148.1 PPM).
2. La mayor diferencia de pulsaciones por minuto en los valores medios fue de 21.9 entre las categorías B y A.
3. La frecuencia cardiaca se comporta con inflexiones ascendentes y descendentes de acuerdo a la característica acíclica propia del fútbol.
4. La cantidad de inflexiones ascendentes y descendentes representan los períodos de recuperación y actividad física en proporciones similares.
5. El tiempo de ascenso y descenso de la frecuencia cardiaca osciló entre 5 y 55 segundos.
6. El porcentaje de la frecuencia cardiaca máxima teórica para el total de la muestra fue del $85\% = 167.86 \text{ PPM}$ (FC. Max. Teo. para la muestra = $220 - 22.75 = 197.25 = 100\%$). Para las inflexiones ascendentes (167.86 PPM) del 85% y para las descendentes (153.64 PPM) 77.8%. Resultados que son similares a los reportados por Smolaka y Ekblom.
7. La media de la frecuencia cardiaca (167.86 PPM) es menor comparada con el estudio de Ali., Farraly. en (173 PPM) 5.14 PPM, la DS (desviación standar) es apenas 2.44 PPM mayor.

Recomendaciones

1. Realizar pruebas de esfuerzo estandarizadas en el laboratorio a los mediocampistas, para determinar los valores de frecuencia máxima real.
2. Tomar una muestra representativa para futuros estudios similares en Bogotá.
3. En la aplicación de la metodología, para el registro en planillas (campograma milimetrada), de la distancia recorrida de los jugadores, es recomendable que el campo de fútbol se demarque en cuadrados de cinco metros (5m^2).
4. Para la utilización de métodos de video recomendamos enfocar únicamente y en forma constante, cámaras semi y/o profesionales ubicadas en el centro de cada mitad del campo de fútbol.
5. Un análisis detallado de las intensidades de la frecuencia cardiaca, observando los sectores de cimas y zimas para correlacionarlas con las acciones de juego y sus respectivas

intensidades en función del tiempo, posiblemente permitirán diseñar metodologías de entrenamiento interválicos individualizados o por zonas, de acuerdo a la posición en el terreno de juego. Por ejemplo, se analiza el comportamiento de la frecuencia cardíaca cada cinco segundos durante cinco minutos. Se calcula el total del número de inflexiones, se determina el índice de intensidad median-

te la fórmula ($\text{Índice} = \frac{FC_{\text{final}} - FC_{\text{inicial}}}{\text{tiempo}}$) y de acuerdo al resultado se podría establecer la acción del jugador: caminar, correr o sprintar.

6. Practicar a los jugadores la prueba de Conconi, de campo y laboratorio, con el fin de ampliar y comparar los resultados con los trabajos de Vallejo relacionados con los umbrales aeróbico y anaeróbico.

Bibliografía

ALBA B., Antonio L. (1996). *Tests de evaluación funcional en el deporte y la educación física*. Armenia-Colombia. Editorial Kinesis.

ASTRAND, Per-Olof. y RODAHL, Kaare. (1985). *Fisiología del trabajo físico: Bases fisiológicas del ejercicio*. Buenos Aires. Editorial Médica Panamericana.

BANGSBO, J. (1994) "Demandas de energía en el fútbol competitivo". En: England. Journal Sports Sciences. V. 12.

BOSCO, Carmelo. *Aspectos fisiológicos de la preparación física del futbolista*. Barcelona. Editorial Paidotribo.

BROUSTET, Jean Paul. (1980). *Cardiología deportiva*. Barcelona. Editorial Torzy-Masson, S.A..

DIRIX, A. knuttgen y H.G. tittel K.. (1988). *Libro olímpico de la medicina deportiva*; Publicación del COI. Barcelona. Ediciones Doyma. V. I.

FRIEDMUND, Rittel. (1980) *Sistema cardiorrespiratorio y deporte*. Medellín. Editorial Copiservicio (Convenio Colombo Alemán de educación física, deporte y recreación). Tomo. II.

GUYTON, Arthur. (1992). *Tratado de fisiología médica*. Madrid. Editorial Interamericana McGraw-Hill.

JANSSEN, Peter. (1987). *Training lactate pulse rate*. Finland Editorial Polar Electro Oy.

LEGIDO, Julio. "Lactato y umbral anaeróbico". Colombia. Editorial Kinesis. No. 17. p. 61-70.

McARDLE, William; KATCH, Frank. y KATCH, Victor. (1980). *Fisiología del ejercicio: Energía, nutrición y rendimiento humano*. Madrid. Alianza Editorial.

MONTANARI, Giuseppe. (1989). "Tests fisiológicos de valoración del futbolista": I Congreso Internacional, Ciencia y Técnica del fútbol. Madrid. p. 29-53.

PILA T, Augusto. *Evaluación de la educación física y los deportes: Los test de laboratorio al campo*. Editorial, Augusto E. Pila T. Madrid.

SMODLAKA Y.N. (1987). *Cardivascular aspects of soccer*, Phys Sportmed, G. (Jul.) p. 66-70.

TALAGA, Jerzy. 1989. *El entrenamiento: Fútbol*. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana.

TUMILTY, D. "Physiological characteristics of elite soccer players". En: Sports Medicine England. Vol. 16, No 2 (Aug. 1993). Pag. 80-96.

VALLEJO, L. (1994). *Test de Conconi en jugadores profesionales de fútbol*. Colombia Universidad Pedagógica Nacional. Santafé de Bogotá.