



Educación Física y Ciencia, vol. 18, nº 1, e006, junio 2016. ISSN 2314-2561
 Universidad Nacional de La Plata.
 Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación.
 Departamento de Educación Física

Fonocardiograma: construcción y evaluación

Phonocardiogram: evaluate and construction

Fernanda Vargas Amaral* y Adilson Monte*

* Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil | fevamaral@hotmail.com;
adilsonmonte@yahoo.com.br

PALABRAS CLAVE

Ritmo cardíaco
 Monitor del ritmo cardíaco
 Fonocardiograma.

RESUMEN

Este artículo presenta la construcción de un instrumento para monitorizar la frecuencia cardíaca (FC), caracterizado por el bajo coste material de su producción. Para verificar la aplicabilidad del Fonocardiograma (FCG) se tomó la FC de nueve (9) sujetos experimentales con a través de dos sistemas: el FCG y el monitor de FC de la marca Polar inc. (Finlandia) modelo RS 800 Cx HR. A continuación, se compraron los resultados. A las nueve (9) personas (4 hombres y 5 mujeres) investigadas se les midió la FC en posición sentada y en posición supina (Zuttin, R. S., Moreno, M. A., César, M. C., Martins, L. E. B., Catai, A. M., & Silva, E., 2008) durante 5 minutos (Vanderlei, L.C.M., Silva, R.A., Pastre, C.M., Azevedo, F.M. & Godoy, M.F., 2008). Se obtuvo una correlación de $r = 0,982$ para la posición supina y de $r = 0,794$ para la posición sentada, ambas con $p < 0,05$. Se aconseja la construcción de este instrumento para la enseñanza y el aprendizaje de la monitorización de la FC, así como su importancia como método didáctico para la comprensión de la auto-regulación de los ritmos internos.

KEYWORDS

Heart rate
 Heart rate monitor
 Phonocardiogram

ABSTRACT

This paper presents the development of a test to monitor heart rate (HR) which is characterized by low cost material expended in its production. In order to verify the applicability of the phonocardiogram (FCG), it was compared with a HR monitor from Polar Inc (Finland) model RS 800 Cx HR in nine (9) subjects (4 males and 5 females). The measures were made in the sitting and supine position (Zuttin, R. S., Moreno, M. A., César, M. C., Martins, L. E. B., Catai, A. M., & Silva, E., 2008) during 5 minutes (Vanderlei, L.C.M., Silva, R.A., Pastre, C.M., Azevedo, F.M. & Godoy, M.F., 2008). A correlation of $r = 0.982$ to supine position and of $r = 0.794$ to sitting position was obtained, both with $p < 0.05$. The building of this instrument is suggested to teaching and learning of the HR monitoring, and its importance is demonstrated as a method for understanding the autorregulation and the internal rhythms of body.

Fecha de recibido: 24-06-2016 | Fecha de aceptado: 13-05-2016 | Fecha de publicado: 30-06-2016

Cita sugerida: Vargas Amaral, F., y Monte, A. (2016). Fonocardiograma: construcción y evaluación. *Educación Física y Ciencia*, 18(1), e006. Recuperado de <http://www.efyc.fahce.unlp.edu.ar/article/view/EFyCv18n01a06/>



Esta obra está bajo licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional
http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es_AR

1. Introducción

La informática tomó una dimensión especial en el campo de los deportes. La llegada del ordenador produjo una modificación técnico-instrumental que sirve como base para la modificación de las estructuras de análisis científico de un sector de la realidad (Mayor, J. & Perez, J., 1989). La construcción de herramientas sencillas y de bajo coste ha sido una preocupación de varios investigadores no sólo por la asociación entre la actividad física y los beneficios para la salud, sino también por el aumento de la inactividad física en los países desarrollados y en desarrollo (Pate, R. R., *et al.*, 1995; Sallis, J. F. & Owen, N., 1999).

A más de 30 años, los monitores de frecuencia cardíaca (FC) han sido utilizados tanto en medios deportivos como en las ciencias del deporte (Achten, J. & Jeukendrup, A.E., 2003). El desarrollo de esta tecnología proporcionó una exhibición visual analógica que permite un análisis detallado del tiempo y de las características acústicas del corazón (Vanderlei, L. C. M., Pastre, C. M., Hoshi, R. A., Carvalho, T. D. D., & Godoy, M. F. D., 2009).

Los conocimientos relacionados con la FC ayudan a comprender mejor las actividades físicas realizadas y a tomar mejores decisiones sobre su ejecución, así como programar y planificar la actividad física de manera autónoma (Colquhoun, D., 1992). Los métodos de monitorización del ritmo cardíaco pueden ser utilizados para apoyar la relación lineal entre la frecuencia cardíaca y el gasto energético (Karvonen, J. & Vourimaa, T., 1988).

Varios grupos de investigación utilizan sistemas de monitorización de la FC que consisten en un sistema de transmisión compuesto por una cinta torácica y un reloj de pulsera. Un ejemplo de este tipo de sistema es el de la marca Polar (Polar Electro Inc. Finlandia). Este equipo mide los intervalos RR, que son exportados a un software y corregidos. En la investigación de Vanderlei *et al.* (Vanderlei, L.C.M., Silva, R.A., Pastre, C.M., Azevedo, F.M. & Godoy, M.F., 2008) el modelo RS 800 Cx Polar Electro Inc. fue evaluado y comparado a un módulo de acondicionamiento de señal (EMG modelo BIO 1000) de la marca LYNX Electronic Technology Ltda. Después de haber sido analizado en quince sujetos sanos en reposo y durante actividad física moderada, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de la variabilidad de la frecuencia cardíaca entre los dos sistemas. El estudio obtuvo correlaciones superiores a $r = 0,869$. Otros investigadores también han puesto a prueba el sistema desarrollado por la marca Polar. Un ejemplo de esto se explica en la investigación Schonfelder *et al.* (2011) en la que los autores comparan tres sistemas de supervisión cardíaca, concluyendo que el sistema confeccionado por la industria finlandesa resulta eficaz en su función de monitorizar la frecuencia cardíaca.

Desde que fueron desarrollados los monitores de ritmo cardíaco de pulso del tamaño de un reloj y de las cintas torácicas con electrodos adecuados para transmitir señales inalámbricas para el reloj, el análisis de los latidos del corazón se convirtió en una forma fácil y accesible para los propósitos de entrenamiento físico o evaluaciones científicas producidas en laboratorios (Vanderlei, L. C. M., Pastre, C. M., Hoshi, R. A., Carvalho, T. D. D., & Godoy, M. F. D., 2009). La grabación del Fonocardiograma puede ser registrada utilizando estetoscopios electrónicos, micrófonos o en Smartphone de mano (Chen, Y. H., Chen, H. H., Chen, T. C., & Chen, L. G., 2011).

El Fonocardiograma (FCG), es un sistema que proporciona un registro gráfico de los fenómenos acústicos producidos por el corazón y por los grandes vasos sanguíneos. La causa o el origen del ruido cardiovascular (ruidos cardíacos normales y soplo) se entiende, clásicamente, como el cierre de las válvulas atrioventricular y semilunar (Carvalho, L., 2008). En FCG, la grabación de sonidos del corazón es una señal fisiológica que refleja los eventos cardíacos mecánicos. Este instrumento es utilizado comúnmente para controlar el estado de las válvulas del corazón y la hemodinámica del mismo. Por tener un patrón periódico, el FCG también indica la posibilidad de que la medición de la FC (Chen, Y. H., Chen, H. H., Chen, T. C., & Chen, L. G., 2011).

Para la grabación de las señales sonoras del corazón, el FCG utiliza los latidos cardíacos recogidos por un micrófono muy sensible para permitir el monitoreo de la condición de corazón. Este equipo ofrece las ventajas de ser no invasivos y de fácil configuración. Además, es necesario un nivel relativamente bajo de experiencia y habilidad para configurar el sistema y adquirir las señales. Ofrece la capacidad de cuantificar los sonidos emitidos por el corazón, proporcionando la información que no está disponible en los exámenes más sofisticados en un corto espacio de tiempo (Sa-ngasoongsong, A., Kunthong, J., Sarangan, V., Cai, X., & Bukkapatnam, S. T., 2012).

Los datos del FCG pueden ser fácilmente medidos en el estado de reposo. Estos datos, proporcionan la información relacionada con el estado de la contracción del ventrículo izquierdo y el ciclo cardíaco durante el ejercicio (Katahira, K., Fujimura, T., Matsuda, Y. T., Okanoya, K., & Okada, M., 2014). Incluso con la gran variedad de instrumentos encontrados, algunos factores deben ser considerados para la evaluación de cualquier método empleado: validez, fiabilidad, coste, aceptabilidad y no reactividad (que no provoquen cambios de comportamiento de los sujetos, causando alteraciones en los resultados) (Schoeller A.D. & Racette, S.B., 1990).

El FCG puede proporcionar una indicación importante sobre el efecto del ejercicio sobre el corazón. Es decir, con una clara grabación del FCG durante el ejercicio, es posible juzgar si el ejercicio aeróbico es seguro para la persona que lo ejecuta. Además, la medida de los sonidos del corazón después del ejercicio es una técnica fácil y barata en comparación a otros análisis. Esta técnica puede ser ejecutada midiendo los ruidos cardíacos que son medidos inmediatamente después del ejercicio en cada etapa en un tipo intermitente de prueba de esfuerzo (Katahira, K., Fujimura, T., Matsuda, Y. T., Okanoya, K., & Okada, M., 2014).

El FCG es un dispositivo de bajo coste que fue desarrollado por el profesor Emilio Takase (Universidad Federal de Santa Catarina - UFSC), coordinador del Laboratorio de Educación Cerebro (CLE-CDS) y del Laboratorio de Ludens (LabLudens-College Aplicación) de la Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC).

2. Objetivo

Esta investigación tuvo por objetivo la construcción y evaluación del Fonocardiograma (FCG) de bajo coste en comparación al sistema utilizado por la marca Polar (Polar Electro Inc. Finlandia), modelo R800.

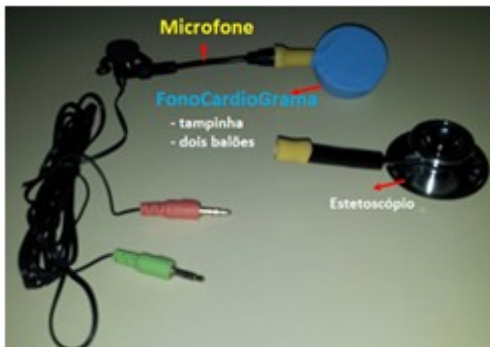


Figura 1. Fonocardiograma. Fuente: www.educacaocerebral.com

3. Procedimientos para la construcción del FCG

El FCG es un instrumento que cuando se conecta al sujeto amplifica el sonido de los latidos cardíacos, convirtiéndolos en informaciones significativas. Las señales obtenidas (auditiva o visual) son retroalimentadas y proporcionan registros de los procesos internos del cuerpo. A partir de los intervalos sucesivos entre latidos se calcula el valor promedio de los latidos por minuto (bpm) a través de Audacity. Este software alimenta la información del Biomind (construido por Diego Schmaedech - LEC-CDS) que, a su vez, procesa y presenta al usuario el valor de los intervalos de tiempo entre los latidos del corazón (intervalos RR en milisegundos) en tiempo real.

Con esto, el FCG es una manera eficaz y de bajo coste para medir el ritmo cardíaco de las personas que no tienen acceso a un monitor de frecuencia cardíaca convencional. Además, incluso los niños pueden confeccionar y usar el FCG, lo que les posibilita aprender, con este equipo, a "escuchar" su corazón y a entender que las situaciones de cambio en el comportamiento suelen traer cambios en el ritmo cardíaco.

El FCG es construido con materiales de bajo coste y fácil acceso. Para esto, es necesario:

- 1 Cápsula de micrófono
- 1 Conector (macho) monofásico
- 1 globo
- Tijeras
- Estaño
- Hierro de soldar
- 1 Metro de Cable
- Cinta aislante

Para confeccionarlo se deben seguir las siguientes etapas:

- 1-Se toma la cápsula del micrófono, se corta un pedazo del globo en la forma de un cuadrado, después se corta una tira de cinta aislante, de más o menos el espesor igual a la altura de la cápsula del micrófono.
- 2- Se estira el globo cubriendo el área de captura de sonido del micrófono y se fija con cinta aislante. Cuanto más estirado esté el globo, mejor será la calidad de la señal.

- 3- Se corta la punta del cable para extraer su parte aislante, con cuidado de no cortar los cables que están dentro.
- 4 - Se toma la cápsula del micrófono y se localiza la parte verde que tiene tres riesgos. Con el estaño y el hierro de soldar, se suelda la punta de color que tiene los tres riesgos con la otra parte que quedó sin utilizar.
- 5 - Por último, se toma el conector "macho", se abre y se coloca su parte negra dentro del hilo. Luego, se toma el otro lado del cable, que tiene la punta de color, y se pega al cable grande.

4. Comparación de FCG con Polar RS800

En este experimento, los latidos cardíacos (RR) fueron registrados simultáneamente por dos sistemas y, a continuación, direccionados a un ordenador. El FCG de un modo directo y el Polar RS 800 a través de una emisión de interfaz de señales infrarrojas a través del software Polar Pro Trainer 5. Después, las señales cardíacas registradas por ambos sistemas fueron filtradas para corrección de los ruidos.

A continuación, las diferencias en las respuestas de frecuencia cardíaca entre el Polar RS 800 y el FCG.



Figura 2. FCG Pantalla Principal. Fuente: www.educacaocerebral.com

5. Resultados y Discusión

Nueve sujetos sanos (4 hombres y 5 mujeres) fueron monitorizados por ambos sistemas durante cinco minutos (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of acing and Electrophysiology, 1996) en las posiciones supino y sentado (Zuttin, R. S., Moreno, M. A., César, M. C., Martins, L. E. B., Catai, A. M., & Silva, E., 2008) durante 5 minutos (Vanderlei, L.C.M., Silva, R.A., Pastre, C.M., Azevedo, F.M. & Godoy, M.F., 2008).

Las tablas a continuación muestran los resultados de estas mediciones comparativas:

Tabla 1. La media HR en bpm

	FCG (bpm)		Polar RS 800 (bpm)	
	Supinado	Sentado	Supinado	Sentado
Sujeito 1	81	90	80	89

Sujeito 2	77	84	77	83
Sujeito 3	81	79	80	79
Sujeito 4	77	79	77	79
Sujeito 5	85	87	85	88
Sujeito 6	80	83	80	83
Sujeito 7	79	90	79	90
Sujeito 8	83	86	84	77
Sujeito 9	83	89	83	88

Tabla 2. Correlaciones siendo FCG y Polar RS 800.

Correlaciones de Pearson (FCG y Polar RS800)
Supino $r = 0.982$ $p = 0.000$
Posición sentada $r = 0.794$ $p = 0.011$

La normalidad de los datos (datos paramétricos) fue evaluada por el Shapiro-Wilk valores de $p = 0,453$ (supino / FCG), $p = 0,329$ (supino / Polar), $p = 0,331$ (sentado / FCG) y $p = 0,310$ (sentado / Polar). Se utilizó el programa SPSS versión 17.0 para estos cálculos.

De acuerdo con la clasificación de Shrout y Fleiss (1979), las correlaciones se clasifican como pobre (0-0,2), baja (0,3 a 0,4), moderada (0,5-0,6), fuerte (0,7 -0,8) y excelente (0,9-1). En este experimento, se obtuvo una excelente correlación entre las mediciones en posición supina y una fuerte correlación en la posición sentada.

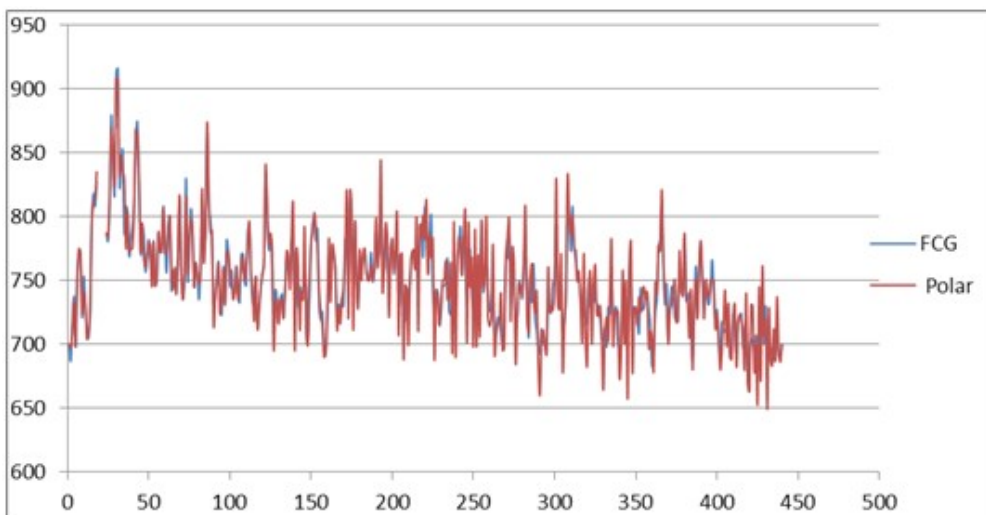


Figura 3. Ejemplo de una medición de los intervalos RR (ms) obtenidos por la FCG y sistemas polares durante 7 minutos y 30 segundos (450 s) en un sujeto en la posición supina.

6. Conclusión

En este estudio, se obtuvieron correlaciones de $r = 0,98$ para la posición supina y $r = 0,79$ para la posición sentada entre las dos mediciones de los monitores Polar y Fonocardiograma. Aunque el Fonocardiograma no tiene la intención de sustituir los monitores tradicionales de FC, se presenta

como una excelente opción para la comprensión de los ritmos fisiológicos. Se aconseja su construcción para la enseñanza y el aprendizaje del monitoreo de la FC, así como su importancia como un método didáctico para la comprensión de la auto-regulación de los ritmos internos. Se sugiere el uso de esta nueva tecnología en ambientes que carecen de suficientes recursos financieros, como las escuelas públicas brasileñas actuales y centros deportivos de comunidades de baja renta.

7. Bibliographic

Achten, J.& Jeukendrup, A.E. (2003). Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Medicine*, 33(7), 517-538.

Carvalho, L. (2008). *Instrumentação Médico-Hospitalar*. Barueri, Sp: Editora Manole, 336 p.

Chen, Y. H., Chen, H. H., Chen, T. C., & Chen, L. G. (2011). Robust heart rate measurement with phonocardiogram by on-line template extraction and matching. In *Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE*, 1957-1960.

Colquhoun, D. (1992) Health Based Physical Education and the Health in Primary School Project. En Williams T., Sparkes A. & Almond L. *Sport and physical activity*, Londres: E&FN Spon. 353-361.

Karvonen, J.& Vourimaa, T. (1988). Heart rate and exercise intensity during sports activities – practical implication. *Sports Medicine*, 5, 303-312.

Katahira, K., Fujimura, T., Matsuda, Y. T., Okanoya, K., & Okada, M. (2014). Individual differences in heart rate variability are associated with the avoidance of negative emotional events. *Biological psychology*, 103, 322-331.

Mayor, J. & Perez, J. (1989) ¿Psicología o psicologías? un problema de identidad. *Tratado de Psicología General: Historia, Teoría y Método*, Madrid, Alhambra.

Pate, R. R., et al. (1995). Physical activity and public health: a recommendation from the center for disease control and prevention and the *American College of Sports Medicine*, 273 (5), 402-407.

Sallis, J. F.& Owen, N. (1999). *Physical Activity & Behavioral Medicine*. London, UK: Sage.

Sa-ngasoongsong, A., Kunthong, J., Sarangan, V., Cai, X., & Bukkapatnam, S. T. (2012). A low-cost, portable, high-throughput wireless sensor system for phonocardiography applications. *Sensors*, 12(8), 10851-10870.

Schoeller A.D. & Racette, S.B. (1990). A review of field techniques for assessment of energy expenditure. *Journal of Nutrition*, 120, 1492-1495.

Schonfelder, M., Hinterscher, G., Peter, P. & Spitzenpfeil, P. (2011). Scientific Comparison of Different Online Heart Rate Monitoring System. *Internacional Journal of Telemedicine and Applications*.

Shrout, P.E. & Fleiss, J.L. (1979). Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychological Bulletin*, 86, 420–428.

Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Cardiology and Electrophysiology (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation*; 93, 1043-65.

Vanderlei, L.C.M., Silva, R.A., Pastre, C.M., Azevedo, F.M. & Godoy, M.F.(2008). Comparison of the Polar S810i monitor and the ECG for analysis of heart rate variability in the time e frequency domains. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*.

Vanderlei, L. C. M., Pastre, C. M., Hoshi, R. A., Carvalho, T. D. D., & Godoy, M. F. D. (2009). Basic notions of heart rate variability and its clinical applicability. *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*, 24(2), 205-217.

Zuttin, R. S., Moreno, M. A., César, M. C., Martins, L. E. B., Catai, A. M., & Silva, E. (2008). Evaluation of autonomic heart rate modulation among sedentary young men, in seated and supine postures. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 12(1), 7-12.