



COHERENCIA FISIOLÓGICA: UNA ESTRATEGIA CUANTITATIVA Y NO INVASIVA PARA LA ESTIMACIÓN DEL ESTRÉS

Elisa Mejía Mejía, Robinson Torres

**Universidad EIA
Envigado, Colombia**

Diana Restrepo

**Universidad CES
Medellín, Colombia**

Resumen

El estrés crónico ha sido reconocido mundialmente como un problema de salud pública y hoy por hoy es una de las principales causas de enfermedades graves como la hipertensión, el cáncer y la depresión. La medición del estrés se ha propuesto principalmente a partir de cuestionarios y a partir de la medición de señales fisiológicas como la actividad electrodérmica de la piel, la electromiografía y la medición de señales cardiovasculares. Una de las señales que más ha sido relacionada con el estrés es la variabilidad cardiaca, con la cual es posible medir una variable conocida como coherencia fisiológica. La coherencia fisiológica se ha relacionado con una sensación general de bienestar y con mejoras físicas, cognitivas y sociales y se caracteriza por una sincronización entre las frecuencias de oscilación del sistema cardiovascular, el sistema respiratorio y el sistema nervioso. Es posible pensar que el estrés tanto crónico como agudo afecta entonces la medición de la coherencia fisiológica. Este estudio pretende evaluar esa relación evaluando los efectos del estrés agudo inducido en laboratorio en la coherencia fisiológica, y los cambios de la coherencia fisiológica medida en personas con alto riesgo de sufrir estrés laboral que se someten a una terapia para la reducción del estrés.

Palabras clave: variabilidad cardiaca; presión arterial; respiración; sincronización; Mindfulness

Abstract

Chronic stress has been globally recognized as a public health issue and nowadays is one of the main causes of severe pathologies as hypertension, cancer and depression. Stress measurement has been proposed using questionnaires and the measurement of physiological signals as electrodermal activity, electromyography and cardiovascular estimates. One of the most stress-related signals is heartrate variability, from which one measurement known as physiological coherence can be derived. This variable has been related with a general well-being feeling and with improvements in social, cognitive and physical performances. Physiological coherence is characterized by a synchronization in oscillatory frequencies of cardiovascular, respiratory and nervous systems. Therefore, it is possible to think that both chronic and acute stress can affect physiological coherence. This study aims to evaluate the relationship between coherence and stress evaluating acute laboratory-induced stress effects in physiological coherence, and the changes in physiological coherence when a stress-reduction program is applied in people with a high-risk to suffer work-related stress.

Keywords: heart rate variability; blood pressure; respiration; synchronization; Mindfulness

1. Introducción

El estrés ha acompañado desde siempre la existencia humana. Existen evidencias de que el ser humano en etapas más tempranas de la historia sufría de estrés. Por ejemplo, una de las verdades del budismo asevera que la vida es sufrimiento, así como la filosofía de los estoicos giraba alrededor de una visión en la cual era muy difícil no verse destruido por las perturbaciones de la existencia (Woolfolk, Lehrer, & Allen, 2007). Incluso Aquiles, el héroe de La Ilíada de Homero, sufre de algo similar a un cuadro de estrés postraumático (Everly & Lating, 2013).

Sin embargo, las circunstancias y las realidades culturales han modificado los tipos de estresores que generan la respuesta corporal y, por lo tanto, los efectos que el estrés tiene en el cuerpo y la respuesta que se da a los mismos. Actualmente, se reconoce que existen patologías serias cuya aparición está directamente relacionada con los niveles de estrés como enfermedades cardiovasculares, síndromes metabólicos, depresión y trastornos de ansiedad (McGrady, 2007).

En nuestros días, el estrés crónico y sus enfermedades derivadas se consideran un importante problema de salud pública. Se estima que entre el 60 y el 80% de las visitas al doctor se deben a un solo tipo de estrés crónico, el estrés laboral (McCraty, 2015), lo cual implica gastos médicos tan altos como aproximadamente el 4% del PIB mundial (Empleo, 2015).

Por tanto, encontrar una manera de monitorear el nivel de estrés de las personas puede ser beneficioso con el fin de disminuir la posibilidad de sufrir un estrés crónico y sus enfermedades relacionadas.

En este estudio se espera establecer la relación entre el estrés y una variable conocida como coherencia fisiológica, la cual podría ser una potencial herramienta para estimar el estrés agudo y crónico de manera continua, cuantitativa y no invasiva.

2. Estrés

Lo que hoy por hoy se conoce como estrés fue por primera vez descrito en 1939 por Walter Cannon quien lo definió como una perturbación del equilibrio somático por parte de amenazas externas, que desencadena la movilización de recursos corporales para hacer frente a las circunstancias (Woolfolk et al., 2007).

La respuesta corporal al estrés se ve reflejada en múltiples sistemas fisiológicos y está diseñada para responder a los estímulos agudos y recuperarse de éstos, de tal forma que el organismo esté preparado para responder una vez más a las situaciones estresantes (McGrady, 2007). Sin esta respuesta natural del cuerpo, sería imposible la vida pues el estrés permite resolver problemas de corto plazo que requieren respuestas inmediatas. El problema del estrés está en la movilización crónica de neurotransmisores y hormonas generada por el mismo, afectando los sistemas fisiológicos, psicológicos, cognitivos y conductivos del ser humano, que pueden desencadenar respuestas mal adaptativas que finalmente generan enfermedades cardiovasculares, síndromes metabólicos, depresión y trastornos de ansiedad, entre otros (McGrady, 2007).

La medición del estrés, debido a sus diversos efectos en los diferentes sistemas corporales, se ha enfocado a partir de diferentes técnicas. El primer método propuesto para la medición del estrés fue la Escala de Calificación de la Readaptación Social, un cuestionario con 43 artículos acerca de eventos que son generalmente vividos en el cual la suma de las calificaciones de los artículos representa el riesgo de enfermarse en un periodo de tiempo determinado (Everly & Lating, 2013). Otras escalas similares se han propuesto para estimar los riesgos de salud debidos a situaciones estresantes.

Además de los cuestionarios, se sabe que el estrés puede ser medido en las 3 categorías de la fisiología de la respuesta del estrés: el eje neural, el neuroendocrino y el endocrino. Entre estas mediciones se encuentra la estimación del estrés a partir de señales fisiológicas como la respuesta galvánica de la piel, la electromiografía y la medición de variables cardiovasculares. Específicamente, se ha reportado en la literatura una clara relación entre la variabilidad cardíaca y el estrés (Chandola, Heraclides, & Kumari, 2010).

3. Coherencia Fisiológica

El cuerpo humano es un sistema compuesto por diferentes subsistemas que trabajan a un ritmo específico. El mayor rendimiento del sistema se logra cuando los subsistemas trabajan en sincronía. Algunos de los principales subsistemas son el sistema cardiovascular, el sistema respiratorio y el sistema nervioso.

La coherencia fisiológica hace referencia a este nivel de sincronización entre dos o más sistemas corporales oscilatorios (McCraty & Shaffer, 2015) y describe el funcionamiento ordenado de los sistemas corporales, implicando que las funciones de los sistemas se realicen de manera óptima. Un estado de alta coherencia fisiológica se ha relacionado con un buen flujo de los procesos vitales (McCraty & Shaffer, 2015) y se ha caracterizado por una sensación general de bienestar y mejoras en el rendimiento cognitivo, social y físico (McCraty & Childre, 2010).

Las principales características de altos niveles de coherencia fisiológica son: un patrón acompasado del ritmo cardíaco, el aumento de la actividad parasimpática, el aumento de la sincronización entre los sistemas fisiológicos, y el funcionamiento eficiente y armonioso de los sistemas cardiovascular, nervioso, hormonal e inmune (McCraty, 2015). Se ha reportado que la coherencia a corto y largo plazo tiene efectos en la coordinación ojo-mano, la velocidad y precisión, la coordinación en algunos deportes, y en tareas asociadas a la corteza frontal como la concentración, la resolución de problemas, la autorregulación y el pensamiento abstracto (McCraty & Childre, 2010). El aplicar técnicas que induzcan la coherencia fisiológica genera mejorías en pacientes con hipertensión, arritmias, enfermedades autoinmunes, trastornos de sueño, adicción a drogas y alcohol, rabia, fallo cardíaco, dolor crónico, fibromialgia, fatiga crónica, trastornos de ansiedad, depresión, trastorno de estrés postraumático, trastornos de atención y trastornos alimenticios (McCraty, 2015).

La medición de la coherencia fisiológica generalmente se hace a partir del espectro de frecuencias de la variabilidad cardíaca (McCraty & Shaffer, 2015), en el cual se refleja como un incremento de la potencia de la banda de bajas frecuencias y un decremento de las bandas de muy bajas frecuencias y altas frecuencias de dicho espectro (McCraty & Childre, 2010).

4. Materiales y Métodos

El objetivo de este estudio es evaluar los efectos del estrés agudo y crónico en la variable de coherencia fisiológica, debido a que se conocen los efectos adversos del estrés en la fisiología humana y que ambos están relacionados a partir de las señales de autorregulación corporal como la variabilidad cardíaca.

Para ello, se plantearon dos fases. La primera fase del estudio está relacionada con los efectos del estrés agudo en la coherencia fisiológica medida a partir de diferentes señales que den cuenta de la sincronización cardiorrespiratoria alcanzada en situaciones de coherencia. Esta fase está culminada y será descrita en la sección V.

La segunda fase del estudio está relacionada con los efectos del estrés crónico en la coherencia fisiológica. Para su desarrollo, se tomarán señales fisiológicas de 10 empleados de dos universidades de la ciudad de Medellín que estén en alto riesgo de sufrir estrés laboral. Este riesgo se estimará a partir del Cuestionario de Maslach. Los participantes del estudio serán sometidos a 8 sesiones de Mindfulness, o terapia de mente plena, a partir de la cual se espera mejorar sus niveles de estrés. El objetivo es

analizar cómo cambia la coherencia fisiológica a medida que se realiza la terapia y se mejora el estrés de los participantes.

Ambas fases se plantearon para ser realizadas con empleados de la Universidad EIA y la Universidad CES, analizando principalmente entonces el estrés en empleados universitarios y su relación con la coherencia fisiológica.

5. Fase 1: Efectos del agudo sobre la coherencia fisiológica

La primera fase del estudio correspondió al análisis de los efectos del estrés agudo sobre la coherencia fisiológica. Un total de 34 empleados de la Universidad EIA (11) y la Universidad CES (23) de la ciudad de Medellín, Colombia, hicieron parte de la muestra. La edad promedio de los participantes fue de 35 años con una desviación estándar de 7.15 años. 14 de los participantes eran hombres y los demás eran mujeres. Este estudio recibió la aprobación del Comité Institucional de Ética para Investigación en Humanos (CIEI) de la Universidad CES.

Se les solicitó a los participantes realizar una prueba de 20 minutos de duración mientras se les adquirían las señales utilizando un sistema comercial de adquisición de señales (g[®].USBamp, Guger Technologies). La prueba estaba compuesta de 4 fases de 5 minutos de duración cada una. La primera fase consistía en la adquisición de las señales en estado basal mientras se explicaban las demás fases de la prueba. Las fases 2 y 3 de la prueba consistían en la aplicación de 2 pruebas psicológicas generadoras de estrés reportadas en la literatura: un test Stroop (Golden, 2001) y una prueba de restas sucesivas. La etapa final de la prueba consistía en 5 minutos de respiración controlada procurando mantener un ritmo constante de respiración de 6 respiraciones por minuto, con una relación de 1 a 1. Este ritmo de respiración ha sido reportado como apropiado para la inducción de altos niveles de coherencia fisiológica (McCraty & Childre, 2010).

Las señales adquiridas de los participantes fueron electrocardiografía, fotopletimografía y respiración. A partir de la electrocardiografía se midió la variabilidad cardiaca, mientras que la diferencia en tiempo entre los picos R de la electrocardiografía y los puntos de intersección entre los valles y la máxima pendiente de la fotopletimografía fue utilizada para estimar el tiempo de tránsito de pulso. Esta señal está relacionada con la presión arterial y da cuenta también de las condiciones de trabajo del sistema cardiovascular (Wibmer et al., 2014).

Con la variabilidad cardiaca, el tiempo de tránsito de pulso y la respiración se midió la coherencia fisiológica (utilizando el método propuesto por (Ginsberg, Berry, & Powell, 2010)) obtenida por cada participante durante las diferentes fases del estudio en cada una de las señales.

Los resultados obtenidos permitieron deducir 3 importantes hechos:

- a. Las tres señales fisiológicas presentaron un comportamiento similar en cuanto a la coherencia fisiológica en cada una de las etapas de la prueba: la coherencia

fisiológica aumentó en todas las señales durante la etapa de respiración controlada. Es decir, personas que no fueron entrenadas previamente en el ejercicio de respiración lograron aumentar la coherencia fisiológica simplemente siguiendo un patrón de respiración controlada durante 5 minutos.

- b. La coherencia fisiológica en las etapas del estrés inducido en laboratorio sólo presentaron una diferencia estadísticamente significativa cuando se midió a partir de la respiración, indicando que posiblemente sí existió una diferencia que no alcanzó a verse reflejada en la coherencia medida a partir de las demás señales. Esto puede deberse al estado previo con el que se realizó la medición basal en las personas, ya que se enfrentaban a una situación desconocida que probablemente les generaba algún nivel de estrés.
- c. La amplitud de las mediciones de coherencia fueron mucho mayores cuando se realizó la medición a partir de la respiración. Probablemente esto se debe a la amplitud de las señales adquiridas, pues la respiración depende del nivel de voltaje del sistema de adquisición mientras que la variabilidad cardiaca y el tiempo de tránsito de pulso dependen de las diferencias en intervalos de tiempo. Esta amplitud a su vez afecta la potencia del espectro de frecuencias de las señales y, por tanto, afecta la medición de la coherencia. De esta forma, un trabajo futuro es encontrar una manera alternativa de medir la coherencia de tal manera que ésta no se vea afectada por la amplitud de la señal.

6. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en la primera fase del estudio se puede concluir que la coherencia fisiológica, especialmente si esta es medida a partir de la señal de respiración, es un potencial estimador de los niveles de estrés agudo. Esta estimación podría ser cuantitativa en caso de realizar una escala comparativa entre los niveles de estrés y la medición de la coherencia fisiológica. En futuros trabajos se espera encontrar esta relación con el fin de lograr un impacto mayor por medio de la estimación cuantitativa de los niveles de estrés en la vida cotidiana.

Así mismo, se puede concluir que personas sin ningún entrenamiento previo alcanzaron altos niveles de coherencia durante la fase de respiración controlada, lo cual puede implicar mejoras en la calidad de vida y en su rendimiento. Sin embargo, los efectos que pueda tener sobre las capacidades sociales, cognitivas y físicas de las personas el alcanzar esta coherencia fisiológica a partir de la respiración aún están por examinarse.

Las conclusiones de esta primera fase pueden ser aún validadas por otros estudios, especialmente incrementando el tamaño de la muestra y agregando una fase previa de relajación que permita comparar los niveles de coherencia en periodos de relajación con respecto a periodos de estrés agudo.

La segunda fase del estudio está en proceso y se espera que los resultados permitan ahondar en el aspecto psicológico de la coherencia fisiológica.

7. Referencias

- Chandola, T., Heraclides, A., & Kumari, M. (2010). Psychophysiological biomarkers of workplace stressors. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 35(1), 51–57. <http://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.11.005>
- Empleo, E. (2015). Estrés, un mal que aqueja el entorno laboral. *El Empleo*.
- Everly, G. S. J., & Lating, J. M. (2013). *A Clinical Guide to the Treatment of the Human Stress Response* (3er Ed., Vol. 1). New York, USA: Springer. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ginsberg, J. P., Berry, M. E., & Powell, D. A. (2010). Cardiac Coherence and Posttraumatic Stress Disorder in Combat Veterans. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, 16(4), 52–60.
- Golden, C. J. (2001). *Manual Stroop: Test de Colores y Palabras* (3ra Edición). Madrid: TEA Ediciones.
- McCraty, R. (2015). *Science of the Heart* (Vol. 2). Boulder Creek, California. Retrieved from http://www.youtube.com/watch?v=pp-r_f8-qz8&feature=youtube_gdata_player
- McCraty, R., & Childre, D. (2010). Coherence: Bridging Personal, Social, and Global Health. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, 16(4), 10–24.
- McCraty, R., & Shaffer, F. (2015). Heart Rate Variability: New Perspectives on Physiological Mechanisms, Assessment of Self-Regulatory Capacity, and Health Risk. *Global Advances in Health and Medicine*, 4(1), 45–61. <http://doi.org/10.7453/gahmj.2014.073>
- McGrady, A. (2007). Psychophysiological Mechanisms of Stress. In P. M. Lehrer, R. L. Woolfolk, & W. E. Sime (Eds.), *Principles and Practice of Stress Management* (3rd Ed, pp. 16–37). New York, USA: The Guilford Press.
- Wibmer, T., Doering, K., Kropf-Sanchen, C., Rüdiger, S., Blanta, I., Stoiber, K. M., ... Schumann, C. (2014). Pulse transit time and blood pressure during cardiopulmonary exercise tests. *Physiological Research*, 63, 287–296. Retrieved from message:%3C44CDA267ABCEC345A9C60060AE26185E9887873C@AUSPO7DAG0101.hostedmail.local%3E
- Woolfolk, R. L., Lehrer, P. M., & Allen, L. A. (2007). Conceptual Issues Underlying Stress Management. In P. M. Lehrer, R. L. Woolfolk, & W. E. Sime (Eds.), *Principles and Practice of Stress Management* (3rd Ed, pp. 3–15). New York, USA: The Guilford Press.

Sobre los autores

- **Elisa Mejía Mejía**, Ingeniera Biomédica, estudiante de maestría en Ingeniería Biomédica. elisa.mejia@eia.edu.co

- **Diana Restrepo**, Psiquiatra de enlace. Docente. dianarestrepobernal@gmail.com
- **Robinson Torres**, Ingeniero Electrónico, Máster en Ingeniería Electrónica, Doctor en Ingeniería de la Universidad Politécnica de Valencia. Profesor titular. robinson.torres@eia.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2017 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)