

Análisis de la Relación Entre el Sistema Cardiovascular y el Nivel de Cortisol Durante el Estrés

Rosas Selene, Salgado-Delgado Roberto¹, Méndez Martín¹, Palacios Elvia¹

¹ Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P. México.

Resumen- El objetivo de ésta investigación es evaluar y relacionar la respuesta del sistema cardiovascular y la cantidad de cortisol con el nivel de estrés subjetivo de estudiantes universitarios. Se examinó a los participantes en dos situaciones: a) con estrés mientras realizaban un examen y b) relajados escuchando música. La regulación autonómica cardiovascular se evaluó adquiriendo la señal de electrocardiograma (ECG) y posteriormente la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC). El nivel de estrés fue medido por la cantidad de cortisol en la saliva. En la descomposición en frecuencias de la VFC se logra observar que existe una relación negativa entre el nivel de cortisol y el componente de HF (altas frecuencias), así como una relación positiva entre el nivel de cortisol y el cociente LF/HF (altas entre bajas frecuencias), lo cual sugiere que la rama simpática del sistema autónomo es dominante durante el estrés y que la respiración presenta poco efecto sobre la respuesta cardíaca, y viceversa, durante la relajación, la respiración y el sistema parasimpático presentan una mayor influencia sobre la dinámica cardíaca. Así mismo los resultados indican que hay un intervalo de incertidumbre entre los niveles de cortisol y la sensación propia de estrés de los pacientes.

Palabras clave- Cortisol, estrés, sistema autónomo, variabilidad de la frecuencia cardíaca.

I. INTRODUCCIÓN

El estrés es una reacción adaptativa del organismo ante las demandas de su medio [1]. Es común que las personas puedan experimentar estrés durante su vida, sin embargo, cuando la reacción del sujeto se prolonga puede ocasionar una serie de problemas. En los últimos años, se han realizado diversos estudios referentes a la relación del estrés y algunas patologías comunes. Se ha encontrado que el estrés se asocia a la depresión [2], enfermedades crónicas [3], enfermedades cardíacas [4], hipertensión [5] y fallas en el sistema inmune [6]. Además, algunas universidades han comenzado a dar importancia de los niveles de estrés académico en sus estudiantes, y los han asociado al fracaso escolar y de un desempeño académico pobre [7].

Un desafío que se presenta al realizar una investigación sobre el estrés es la falta de una definición única y establecida además de una forma objetiva de medirlo. Generalmente se utilizan cuestionarios de autopercepción, lo que ocasiona dificultad para medirlo ya que las respuestas son subjetivas. Por otro lado, en estudios anteriores, se encontró que el estrés mental provoca algunos efectos fisiológicos tales

como el aumento de la presión arterial y el ritmo cardíaco, a través de la regulación alterada cardiovascular neuronal, que por lo general consiste en el aumento de la actividad simpática [8-10] y la reducción de la ganancia de barorreflejo [11, 12], acoplado a una disfunción endotelial prolongada [13,14]. Sin embargo, la forma más objetiva de evaluar el estrés es a partir del nivel de cortisol en el organismo. Esto se debe a que algunos estudios han encontrado que existe una relación entre el nivel de cortisol y el nivel de estrés [15]. Aún y si la medición del cortisol es el estándar de oro para definir objetivamente el nivel de estrés, existen algunos inconvenientes asociados a esta técnica. Las principales desventajas son que el nivel de cortisol presenta un patrón circadiano, esto quiere decir que el nivel de cortisol cambia durante el día. Además, los niveles de cortisol son dependientes del ritmo de trabajo, costumbres alimenticias, etc.

Por otra parte, la mayoría de los estudios encontrados en literatura, se realizan bajo condiciones controladas y a menudo en condiciones de laboratorio, lo que puede influir directamente sobre el estado de estrés del sujeto. Esto conlleva a la necesidad de realizar estudios donde los efectos de los estresores psicológicos en la vida diaria se sobrepongan a las condiciones de la evaluación de estrés.

Algunos investigadores ya han evaluado la relación que existe entre el sistema cardiovascular y el estrés. Su principal motivación ha sido encontrar una herramienta alternativa de fácil adquisición y de respuesta en tiempo real para evaluar el estrés. Estos estudios se han concentrado sobre el análisis de la información que es posible extraer del electrocardiograma (ECG), tal como la frecuencia cardíaca y la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC). Se ha puesto especial énfasis en la VFC, ya que existen claras evidencias de su relación con el sistema autónomo [10]. En particular, el análisis espectral de potencia (PSA) de la VFC, que depende en gran medida del funcionamiento del sistema nervioso autónomo, ofrece una alternativa y un método no invasivo para evaluar la modulación autonómica cardíaca. En el análisis espectral de la VFC se ha identificado un componente de baja frecuencia (LF) aproximadamente entre 0.04 Hz y 0.15Hz, y un componente de alta frecuencia (HF) junto con el ciclo respiratorio entre 0.15 Hz y 0.5 Hz. Se ha observado que el componente espectral LF se encuentra bajo la influencia tanto del nervio simpático y parasimpático, y que el componente espectral HF está influenciado solamente por el nervio vago y la frecuencia respiratoria.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar y relacionar la regulación autonómica cardiovascular y la cantidad de cortisol libre con el nivel de estrés mental subjetivo en una situación real de la vida diaria, la cual se ejemplifica en realización de un examen.

II. METODOLOGÍA

La investigación se realizó con 10 estudiantes de licenciatura sanos, no fumadores y de ambos sexos con edad de 20 ± 2 años. Se llevaron a cabo dos pruebas: la primera se obtuvo mientras los estudiantes realizaban un examen final del cual dependía su calificación y la segunda prueba se adquirió dos semanas después, fuera de la temporada de exámenes. Ésta vez se mantuvo a los estudiantes en estado relajado escuchando la música de su preferencia. Los datos fueron registrados mientras los participantes permanecían sentados en estado de reposo.

En ambos casos se registró la derivación II del triángulo de Einthoven de la señal de ECG y se tomó una muestra de 1 mL de saliva a la misma hora (11:00 AM) para medir el cortisol libre.

III. VARIABLES REGISTRADAS

La señal de ECG se adquirió utilizando electrodos estándar de Ag-AgCl con el sistema BIOPAC modelo MP36. Los datos fueron registrados en un ordenador para su posterior análisis.

Las muestras de saliva se evaluaron de acuerdo a las especificaciones técnicas del *Inmunoensayo de luminiscencia de diagnóstico in-vitro para la determinación cuantitativa de Cortisol en saliva*, Marca IBL international cat:62011.

IV. ANÁLISIS DE DATOS

Para obtener la VFC, se implementó el algoritmo de Pan-Tompkins, el cual involucra una serie de filtros y operadores de tipo paso bajo, paso alto, derivador, cuadratura e integrador para la detección de picos R del complejo QRS [16]. El algoritmo se complementó para que posteriormente permita que el usuario revise si todos los puntos fueron detectados correctamente, de lo contrario, el usuario puede corregir agregando o eliminando manualmente los puntos incorrectos. En seguida, se obtienen los intervalos RR, que son el tiempo entre cada par de picos R detectados. Finalmente se utiliza la transformada de

Fourier para obtener las componentes en frecuencia de la VFC.

De los intervalos RR, se evaluó la frecuencia cardiaca media y su varianza. Mientras que de la descomposición espectral, los componentes de HF y LF normalizados con respecto a potencia total fueron calculados. Además, se obtuvo la relación LF/HF. Este análisis se realizó en segmentos de los intervalos RR con duración de 5 minutos al inicio de la prueba.

V. PRUEBA ESTADÍSTICA

Para evaluar la relación entre el nivel de cortisol y potencia del componente espectral HF y el cociente LF/HF se calculó el índice de correlación.

Se utilizó la prueba t-Student para evaluar si los valores de los índices calculados son significativamente diferentes durante estrés y relajación. Se encontró que en los valores de cortisol, HF y LF/HF rechaza la hipótesis nula de tener medias iguales y variancias iguales aunque desconocidas.

VI. RESULTADOS

La Tabla I muestra la media y desviación estándar de los índices calculados a partir de los intervalos RR durante los primeros 5 minutos del examen. Se puede observar que durante el día de estrés, los intervalos RR son bajos y el valor de cortisol salival es alto; simultáneamente, el componente LF muestra niveles altos, y el componente HF es más bajo respecto a día de relajación en forma significativa.

La Figura 1 muestra los intervalos RR durante el día de estrés (línea roja) y durante el día de relajación (línea azul). Se observa claramente que la frecuencia cardiaca es más elevada durante el día de estrés con respecto al día de relajación.

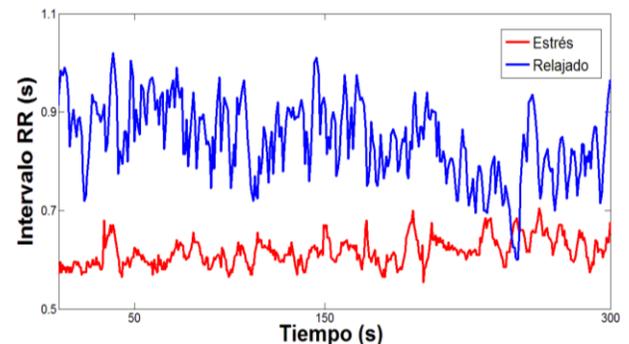


Figura 1. Intervalo RR durante el día de estrés y el relajado.

Tabla I. Estadística descriptiva del intervalo RR durante el día de estrés y relajación.

	CORTISOL* (ng/mL)	RR (s)	VAR (s ²)	LF	HF*	LF/HF*
Estrés	10.33±0.96	0.6889±0.0377	0.0042±0.0009	0.4315±0.0577	0.0804±0.0128	6.031±1.043
Relajado	4.84±0.86	0.7873±0.0437	0.0046±0.0008	0.3568±0.0392	0.1572±0.0081	2.258±0.202

*Existe una diferencia significativa entre los índices en estado de estrés y estado relajado.

En la Figura 2 se muestra la descomposición espectral de los intervalos RR de la Figura 1 donde se observa claramente un cambio en amplitud en los componentes espectrales de LF y HF.

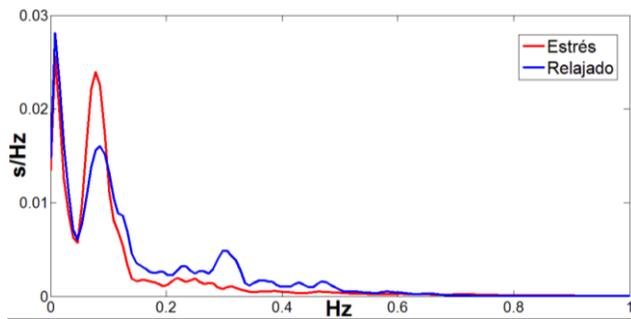


Figura 2. Descomposición espectral de los intervalos RR.

La Figura 3 muestra la recta de regresión y el valor de correlación entre el componente de HF y el nivel de cortisol. Como se puede observar, existe una correlación negativa entre ambas medidas. Esto quiere decir, a menor valor de cortisol, mayor valor en el componente de HF. Por el contrario, la relación entre el nivel de cortisol y el cociente LF/HF que se presenta en la Figura 4, es positiva. Es decir, a mayor cortisol, mayor es el valor del cociente LF/HF.

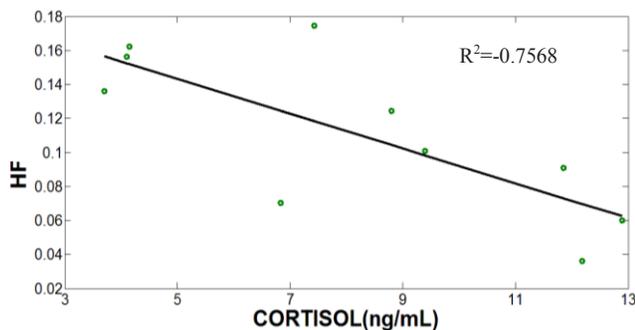


Figura 3. Correlación del componente HF con cortisol.

Por último, la Figura 5 muestra la relación entre el nivel de cortisol y la percepción del estrés. La gráfica muestra que las personas que perciben estar relajadas muestran niveles de cortisol bajo, mientras las personas que sienten estrés tienen valores de cortisol alto. Sin embargo, parece existir una franja en los valores de cortisol donde la incertidumbre es alta. Esto es, valores de cortisol entre 6 ng/mL y 10 ng/mL no representan la sensación de estrés del sujeto.

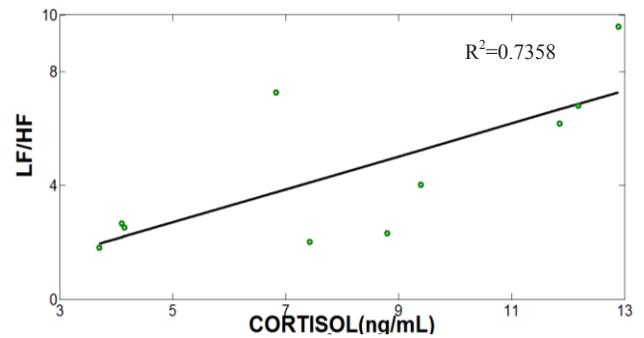


Figura 4. Correlación LF/HF con cortisol.

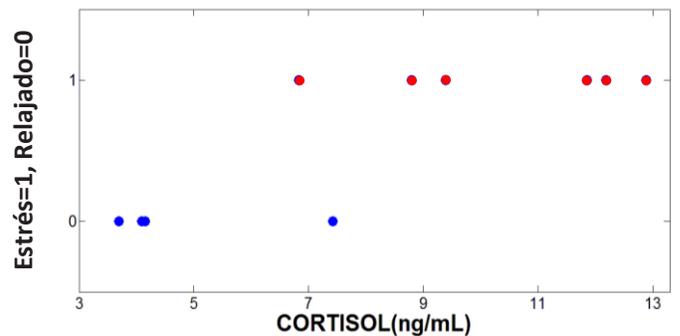


Figura 5. Encuesta de autopercepción contra cortisol.

VII. DISCUSIÓN

En este estudio se analizó la relación que existe el nivel de estrés, el nivel de cortisol y la regulación autonómica cardiovascular. Las principales observaciones son: a) Existe una relación negativa entre el nivel de

cortisol y el componente de HF, b) Existe una relación positiva entre el nivel de cortisol y el cociente LF/HF y c) los resultados sugieren que se encuentra un intervalo de incertidumbre entre los niveles de cortisol, la sensación del estrés y la respuesta autonómica.

La relación positiva entre el nivel de cortisol y el cociente LF/HF en conjunto con la relación negativa entre el nivel de cortisol y el componente de HF, indican que la rama simpática del sistema autónomo es dominante durante el estrés y que la respiración presenta poco efecto sobre la respuesta cardiaca, y viceversa, durante la relajación, la respiración y el sistema parasimpático presentan una mayor influencia sobre la dinámica cardiaca, lo cual concuerda con estudios previos [16].

Por otra parte es importante notar que aunque pueda haber una buena relación entre los índices, al parecer existe un intervalo de incertidumbre, donde la percepción del estrés, el nivel de cortisol y la respuesta del sistema autónomo no presentan una tendencia clara de relación. Esto se puede deber factores como de control de estrés por parte de los participantes, a su capacidad respiratoria en caso de ser deportistas y a otros factores como la alimentación antes del examen.

Finalmente, una de las ventajas de realizar este estudio, es la potencialidad que se tiene para el desarrollo de sistemas inteligentes y con medición de señales de fácil adquisición que posean alertas en ambientes de mucho estrés como en oficinas, donde es posible un monitoreo constante sistema cardiovascular y respiratorio a través de técnicas de medición no obstructivas.

Este estudio tiene varios puntos que pueden ser mejorados. Es conveniente incrementar el número de participantes para tener conclusiones más certeras. Sería interesante analizar sujetos deportistas contra sedentarios, lo cual permitiría evaluar el efecto del estrés en organismos con un sistema cardiovascular entrenado. Por último sería importante, analizar otras señales como la respiración y la onda de pulso para tener una mejor evaluación de la respuesta del sistema cardiovascular y metabólico al estrés.

VIII. CONCLUSIÓN

El sistema autónomo resulta ser un buen indicador del nivel de estrés de una persona. Los estudiantes durante el examen presentaron altos niveles de cortisol y bajos

valores de HF. Esto muestra la factibilidad para implementar un sistema de biofeedback no invasivo en otros ambientes como en oficinas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Selye, H. (1956). *The stress of life*. New York: McGraw-Hill.
- [2] Rich, A.R. y Scovel, M. (1987). Causes of depression in college students: A cross-aged panel correlation analysis. *Psychological Reports*, 60, 27-30
- [3] Cohen, S., Tyrell, D.A.J. y Smith, A. P. (1993). Negative life events, perceived stress, negative affect, and susceptibility to the common cold. *Journal of Personality and Social Psychology*, 64, 131-140.
- [4] Lowe, G., Urquhart, J., Greenman, J. y Lowe, G. (2000). Academic stress and secretory immunoglobulin. *Psychological Reports*, 87, 721-722
- [5] Julius S. (1993) Sympathetic hyperactivity and coronary risk in hypertension. *Hypertension*, 21, 886-893.
- [6] Verdhara, K. y Nott, K. (1996). The assessment of the emotional and immunological consequences of examination stress. *Journal of Behavioural Medicine*, 19, 467-478.
- [7] Zeidner, M. (1998). *Test anxiety: the state of the art*. New York: Plenum Press.
- [8] Dimsdale, J.E., Ross, J. (1980). Plasma catecholamines in stress and exercise. *JAMA*, 243, 340-342.
- [9] Kamiya, A., Iwase, S., Michikami, D., Fu, Q. y Mano, T. (2000). Head-down bed rest alters sympathetic and cardiovascular responses to mental stress. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 279, R440-R447.
- [10] Malliani, A., Pagani, M., Lombardi, F., Furlan, R., Guzzetti, S. y Cerutti, S. (1991). Spectral analysis to assess increased sympathetic tone in arterial hypertension. *Hypertension*, 17(suppl), III-36-III-42.
- [11] Sleight, P., Fox, P., Lopez, R., y Brooks, D.E. (1978). The effect of mental arithmetic on blood pressure variability and baroreflex sensitivity in man. *Clin Sci Mol Med*, 55, 381s-382s.
- [12] Pagani, M., Lucini, D., Rimoldi, O., Furlan, R., Piazza, S. y Biancardi, L. (1995). Effects of physical and mental exercise on heart rate variability. In: Malik M, Camm AJ, eds. *Heart Rate Variability*. New York, NY: Futura Publishing Company Inc, 245-266.
- [13] Yeung, A.C., Vekshtein, V.I., Krantz, D.S., Vita, J.A., Ryan, T.J., Ganz, P. y Selwyn, A.P. (1991). The effect of atherosclerosis on the vasomotor response of coronary arteries to mental stress. *N Engl J Med*, 325, 1551-1556.
- [14] Ghiandoni, L., Donald, D.E., Cropley, M., Mullen, J.M., Oakley, G., Taylor, M., O'Connor, G., Betteridge, J., Klein, N., Steptoe, A. y Deanfield, J.E. (2000). Mental stress induces transient endothelial dysfunction in humans. *Circulation*, 102, 2473-2478.
- [15] van Andel, H., Jansen, M., Grietens, H., Knorth, E. y van der Gaag, R. (2013). Salivary cortisol: a possible biomarker in evaluating stress and effects of interventions in young foster children. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 23, 3-12.
- [16] Pan, J. y Tompkins, W. (1985). Real Time Algorithm detection for QRS, *IEEE Trans. Eng. Biomed Eng*, 32(3), 230-236.
- [17] Lucini, D., Norbiato, G., Clerici, M. y Pagani, M. (2002). Hemodynamic and Autonomic Adjustments to Real Life Stress Conditions in Humans. *Hypertension*, 39, 184-188.