

HIGIENE DEL TRABAJO

Instituto de Medicina del Trabajo

La variabilidad de la frecuencia cardiaca como indicador del nivel de activación ante el esfuerzo mental

Dr. Pedro Almirall,¹ Dr. Jorge Santander² y Téc. Adriana Vergara³

RESUMEN

Se evaluaron 60 sujetos divididos por sexos, mediante una batería de pruebas psicofisio-lógicas: frecuencia crítica de fusión; umbral de discriminación táctil y tiempo de discriminación. A todos los participantes se les aplicó un paradigma cognitivo (Stern-berg, 1969) que presenta 5 niveles de dificultad para su solución, en un taquitoscopio (TKK-232) mientras se registraba la variabilidad de frecuencia cardíaca con un electromiointegrador en períodos de 20 s. Los resultados se evaluaron mediante un coeficiente de correlación de acuerdo con la distribución de los indicadores psicofisiológicos y la variabilidad de la frecuencia cardíaca. Los resultados mostraron la sensibilidad de las evaluaciones psicofisiológicas ante el esfuerzo mental y una significativa asociación de la frecuencia crítica de fusión y el tiempo de discriminación con la variabilidad de la frecuencia cardíaca, lo que confirma el valor de esta última como indicador de un nivel general de activación. No se manifestaron diferencias por sexos en el comportamiento de la variabilidad de la frecuencia cardíaca.

Palabras clave: FRECUENCIA CARDIACA/fisiología; PSICOFISIOLOGIA; CEREBRO/fisiología; PROCESOS MENTALES.

INTRODUCCION

El sistema cardiovascular en general y la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) en particular, son considerados como indicadores de alta sensibilidad y especificidad ante actividades que requieren un considerable esfuerzo mental, aunque se reconoce la necesidad de mejorar los métodos actuales de registro y evaluación de la VFC, para lograr una mayor aplicabilidad de éste¹ (Almirall P. Efectos negativos de la carga mental: aspecto teórico metodológico: un método para su evaluación [tesis de candidatura], Instituto de Medicina del Trabajo, La Habana, 1986).

Los alentadores resultados de las décadas del 60 y 70 contribuyen a la utilización de la VFC como indicador eficaz y casi absoluto método de evaluación psicofisiológico de los efectos del esfuerzo mental.^{1,2}

Investigaciones posteriores, aunque demostraron la sensibilidad de la VFC con una respuesta autonómica general a las exigencias mentales, anunciaron algunas limitaciones de la técnica, entre las que se destacan: la incidencia sobre el registro e

interpretación de la VFC de las cargas física, estática y dinámica; el ritmo respiratorio; las factores emocionales y la edad.³

Con el objetivo de contribuir al conocimiento sobre la aplicabilidad de la VFC como un indicador de esfuerzo mental, se concibió el siguiente experimento, el cual valora la relación de la VFC con otros indicadores específicos del nivel de activación, como es el caso de la frecuencia crítica de fusión (FCF), el tiempo de reacción simple (TRS) y el umbral de discriminación táctil (UDT), constatando si existen diferencias significativas en el comportamiento de la VFC entre hombres y mujeres ante un paradigma que exigía diferentes grados o niveles de esfuerzo mental para su solución; o sea, ante marcadas exigencias mentales en una tarea.

MATERIAL Y METODO

Se evaluaron 30 hombres y 30 mujeres, en un rango de edades de 17 a 55 años, con una $X=34,7$ años en los hombres y 32,36 en las mujeres. Todos con un nivel de escolaridad superior al 10mo. grado, no reflejaron ninguna enfermedad o trastorno funcional al examen médico y psicológico realizado, el cual contó con las siguientes acciones:

- Examen físico, con énfasis en el sistema cardiorrespiratorio.
- Electrocardiograma.
- Historia de salud general.

Los exámenes se realizaron por un médico, con la ayuda de un especialista en cardiología para el informe de los electrocardiogramas.

Los procedimientos utilizados para la evaluación psicológica fueron los siguientes: entrevista clínico-psicológica y aplicación de un inventario de personalidad (Eysenck, Personality Inventory).

Se eliminaron de la experiencia todos los aspirantes que presentaron algún trastorno del funcionamiento cardiovascular, enfermedad crónica o aguda en el momento de la experiencia, o desajuste de un equilibrio emocional.

A todos los participantes se les aplicó un paradigma para la solución de tareas matemáticas con un nivel de complejidad siempre ascendente y clasificado en 5 grados de dificultad, de amplio uso en la evaluación de funciones cognitivas, en particular de la percepción visual y la memoria a corto plazo: paradigma de Stemberg.

Todos los estímulos visuales se presentaron en un taquitoscopio de 6 canales modelo 323, de la TKK (Japón). Antes de comenzar y al terminar el experimento se le aplicaron las siguientes técnicas:

- Frecuencia crítica de fusión. Evaluada mediante un Flicker Digital modelo 502 de la TKK (Japón), promediando 5 umbrales por el método descendente, según el programa de presentación de estímulos desarrollado por el fabricante. Se consideran diferencias significativas, típicas de un estado de fatiga, cuando ésta sobrepasa el 5 % de decrecimiento de la medición final, con respecto a la inicial (Almirall P, 1986, documento inédito citado).

- Umbral de discriminación táctil. Evaluado mediante un estesiómetro de Sperman. Se consideran valores significativos cuando el umbral se eleva más de 6 mm (Almirall P, 1986, documento inédito citado).
- Tiempo de reacción simple. Evaluado mediante un reactímetro modelo 1112, de la TKK, utilizando la metodología del fabricante y después de los ensayos de entrenamiento correspondientes a dichas recomendaciones. Se consideran fuera de la normalidad valores mayores de 250 ± 50 ms (Almirall P, 1986, documento inédito citado).

La variabilidad de la frecuencia cardíaca fue registrada mediante un equipo electrointegrador de la antigua RDA, el cual permite una valoración continua del tiempo entre latido y latido, expresado en los espacios R-R. Por dificultad en el almacenamiento y procesamiento de la información, se realizó un programa de mediciones casi continuas a intervalos de 20 s.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la tabla 1 se muestra la distribución de los valores de la VFC por sexos, los cuales se expresan a partir de los coeficientes de variación (CV) calculados en función de los espacios R-R, según el nivel de complejidad de la tarea realizada en el experimento.

Para la comparación de los resultados se realizó un análisis de varianza de 2 vías, el que señala una no diferencia entre los valores alcanzados por la VFC entre los sexos, o sea, las mujeres no mostraron un enlentecimiento mayor que los hombres al comparar los coeficientes de variación en cada nivel al ejecutar la tarea propuesta.

A partir de la información contenida en la citada tabla 1, puede afirmarse que se encontraron diferencias significativas entre los niveles de complejidad de la tarea experimental y la VFC, o sea, que durante el desempeño de la tarea el ritmo cardíaco se "regularizaba" significativamente de acuerdo con los valores obtenidos en condiciones de reposo.

Los resultados concuerdan con los hallazgos de la literatura en general y en particular, con los ya expuestos por el autor (Almirall P, 1986, documento inédito citado).

Se debe destacar la eficiencia en sí del indicador, o sea, su sensibilidad, al menos en condiciones estandarizadas, para reflejar las particularidades del funcionamiento cardiovascular en específico y el tono del sistema nervioso en general de la VFC.

Aunque parecen no existir normas o niveles de decrecimiento fijos o estables para considerar una respuesta "típica" de los efectos del esfuerzo mental, al menos en magnitudes de decrecimiento de la VFC, a partir de investigaciones empíricas, algunos autores han propuesto límites sobre cuánto se debe considerar una disminución significativa de este indicador. *Kalsbeek* (1973),⁴ estudiando el comportamiento de la VFC en condiciones experimentales, comprobó que la disminución de más del 10 % con respecto al reposo, correspondía a los más altos niveles de complejidad del estímulo utilizado durante su experimento y, por tanto, a las mayores exigencias neuropsíquicas para la solución de la tarea.

Hyndman y Gregory (1975)⁵ concluyen que una disminución del 40 o el 50 % de la VFC es representativa de extremas exigencias mentales, aunque consideran que más del 20 %, refleja un esfuerzo de esta índole.

En la tabla 2 se muestra el comportamiento de la frecuencia cardíaca (FC) en el tanto por ciento de discriminación que representa su valor en las condiciones de reposo relativo. Contrariamente a lo esperado, la VFC, aunque mantiene un decrecimiento significativo, aumenta su variabilidad en los últimos niveles de la prueba.

La respuesta no esperada de la VFC, a partir de un incremento en la complejidad de la tarea propuesta, pudiera estar dada, a nuestro juicio, por una habituación del sujeto a la experiencia, ya que en las primeras etapas de ésta se desconoce la exigencia en detalle y se gana seguridad ante los 2 últimos grupos de presentaciones. Debe señalarse que siempre la disminución de la VFC con respecto al reposo fue mucho mayor que el 10 %, tanto en hombres como en mujeres, lo que permite inferir que existió una plena identificación del carácter del esfuerzo en la experiencia.

Nunca la FC aumentó más del 10 % en comparación con el valor de ésta registrado en condiciones de reposo. Puede señalarse un ligero incremento para el nivel 1, aspecto ya descrito por numerosos autores, los cuales consideran que ante un esfuerzo mental, la primera respuesta del sistema autónomo es un incremento de la FC, la llamada fase de aceleración, seguida por una cierta regularidad que se corresponde con la fase de desaceleración (Almirall P, 1986, documento inédito citado).

En el caso de la FCF, es conocido que existen diferentes criterios para considerar un decrecimiento significativo capaz de justificar una inhibición generalizada, típica de los diferentes efectos negativos del trabajo, en particular de la fatiga. *Simonson y Brosek* (1952)⁶ consideran que debe existir al menos el 10 % de disminución entre la FCF antes y después de la actividad evaluada para hablar. *Baschera y Grandjean* (1979)⁷ son mucho más conservadores al señalar los límites para considerar una disminución significativa del nivel de activación.

En la experiencia de los autores, los síntomas subjetivos y las referencias a patrones de manifestaciones de los efectos negativos ante el desarrollo de la actividad, aparecen mucho antes de los señalados por *Simonson et al.* (1952).⁶ Ante una discriminación del 5 % o más entre el umbral inicial y el final ya se manifiestan numerosos síntomas como somnolencia, disminución en la efectividad y enlentecimiento de la respuesta motora a diversos tipos de estímulos.

En el caso que nos ocupa, relacionamos el decrecimiento, en caso de que existiera o no, con la VFC obtenida en el último intervalo de ejecución del programa de estímulos. La tabla 3 nos señala la distribución entre los puntos críticos de fusión y el decrecimiento de la VFC por cada sujeto.

La relación encontrada entre ambos indicadores se justifica a partir de la ya mencionada influencia del sistema autónomo en la regulación de numerosas funciones cardiovasculares.

Un análisis de la diferencia por sexos se presenta en la tabla 4. Puede señalarse que en ambos grupos se notó una disminución típica del desempeño de una actividad con altas

exigencias neuropsíquicas, según criterios obtenidos por el autor en experiencias anteriores (Almirall P, 1986, documento inédito citado).

No se pueden señalar diferencias significativas, al menos con el diseño utilizado para 2 muestras independientes, en la comparación de los hombres y mujeres.

En relación con el UDT, repetiremos el mismo procedimiento para evaluar las diferencias entre los momentos en que se evaluó el umbral, antes y después y los valores individuales de la VFC; los resultados se ofrecen en la tabla 5.

Se constató la independencia de un indicador con respecto al otro. Una explicación a estos resultados, pudiera estar dada por las diferencias existentes en las modalidades comparadas. Los umbrales táctiles pueden considerarse como un sistema de respuesta moderada ante las exigencias neuropsíquicas, o sea, la disminución de la función receptora se ve afectada frente a una mayor intensidad del estímulo o un esfuerzo mantenido, pero necesita un tiempo mayor que el utilizado en la ejecución del paradigma para su variación en este sentido.

En cuanto al sexo, se encontró una diferencia significativa en ambos grupos con respecto a las mujeres; éstas terminan como promedio con una mayor disminución de la sensación citada. No obstante debemos llamar la atención sobre un aspecto de carácter metodológico, nos referiremos al supuesto umbral basal evaluado antes de la experiencia. Como puede observarse en la tabla 6, existe una diferencia notable entre hombres y mujeres en el estado de reposo relativo. Resultados muy similares fueron encontrados por Valdés (Evaluación de los efectos del esfuerzo mental: indicadores fisiológicos: I [trabajo de diploma], Facultad de Fisiología, Universidad de La Habana, La Habana, 1983) cuando expuso sujetos sanos a varias condiciones que exigían un esfuerzo mental (resolución de las matrices de RAVEN), pero muy influidas por el estado inicial en que se realizaba el estudio, es decir, a umbrales elevados antes de comenzar la tarea, menores incrementos al finalizar ésta. En nuestro parecer, los resultados obtenidos confirman este criterio metodológico de un inestimable valor práctico cuando se quieren inferir efectos del trabajo a partir de la variabilidad del UDT.

Es conocido que el tiempo de reacción simple (TRS), es una medida no específica del nivel de activación. Como puede observarse en la tabla 7, existe una diferencia significativa entre antes y después de ejecutado el experimento, sólo en el caso de los hombres. En el caso de las mujeres aunque también tienden a enlentecer su respuesta a un estímulo visual estandarizado, esta diferencia no alcanza valores significativos.

Puede observarse en la citada tabla 7, que existe una significativa diferencia entre los tiempos de reacción iniciales entre hombres y mujeres. Re presentada por un umbral inicial mucho más elevado, la variabilidad funcional de un sistema ya modificado, parece ser mucho menor ante un esfuerzo mantenido de la atención. Resultados similares han sido descritos por el autor al intentar evaluar la variabilidad en otras modalidades, específicamente el UDT, en sujetos que desempeñan su tarea ante altas exigencias mentales (Almirall P, 1986, primer documento inédito citado).

En relación con la diferencia en el TRS y la disminución de la VFC al final de la tarea, no se encontró asociación significativa para el grupo total, o para mujeres y hombres, respectivamente.

CONCLUSIONES

La VFC no mostró diferencias en su comportamiento entre mujeres y hombres expuestos a diferentes grados de una tarea con exigencias mentales. Ambos grupos experimentaron una significativa regularidad en su ritmo cardíaco, resultado ya comprobado empíricamente por numerosos autores.

No obstante, este decrecimiento no fue lineal con respecto a la complejidad de la tarea.

Existe una relación entre la VFC evaluada en diferentes momentos del experimento y otros indicadores del nivel general de activación, como son: el tiempo de reacción complejo o discriminativo y la FCF.

Lo antes expuesto es de apreciable valor práctico para el diagnóstico de los efectos negativos ante tareas con altas exigencias psíquicas, pues permite inferir el estado de reactividad de un sujeto a partir de instrumentos de fácil aplicación (Flicker, reactímetros), los cuales a su vez, están asociados con un nivel de expresión de esta reactividad representativo del funcionamiento.

¹ Doctor en Ciencias Médicas. Licenciado en Psicología.

² Doctor en Ciencias Fisiológicas.

³ Auxiliar de Investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Nastell DG. Measuring heart rate variability; some comments on the successive difference mean: square statistic. *Psychophysiology* 1981;18:88.
2. Payne RL, Rick TJ. Heart rate as an indicator of stress in surgeons and anaesthetists. *J Psychosom* 1986;30:411.
3. Boer WR. Beat to beat blood pressure fluctuations and heart rate variability in man: physiological relationships, analysis techniques and a simple model. Utrecht, Amsterdam; Drukkerij, Elinkwijk, BV: 1985.
4. Kalsbeek JW. Do you believe in sinus arrhythmia? *Ergonomics* 1973;16:99.
5. Hyndman B, Gregory JR. Spectral analysis of sinus arrhythmia during mental loading. *Ergonomics* 1975;18(3):255.
6. Simonson E, Brozek F. Flicker fusion frequency background and applications. *Physiol Rev* 1952;32:349.
7. Baschera P, Grandjean E. Effects of repetitive task with different degrees of difficulty on critical fusion frequency (CFF) and subjective state. *Ergonomics* 1979;2:377.

Recibido: 7 de junio de 1991. Aprobado: 8 de febrero de 1995.

Dr. *Pedro Almirall*. Instituto de Medicina del Trabajo. Calzada de Bejucal Km 7 1/2, apartado 9064, municipio Arroyo Naranjo, Zona postal 9, Ciudad de La Habana, Cuba.