



FRECUENCIA CARDIACA: EN VIGILANCIA Y CONTROL DE CARGA POR EL TRABAJO

Autor: Humberto Tapia Escalante

Médico - Ergónomo

CET Centro de Estudios del Trabajo

Resumen: El registro de signos vitales se ha constituido en una práctica de gran crecimiento e impacto en diversos ambientes con la tecnología actual, utilizada en áreas como: la medicina aeroespacial, la medicina deportiva, salud ocupacional, cuidados paliativos, cuidados ambulatorios, etc. Aporta información indispensable para el desarrollo de estas ciencias, sin las herramientas tecnológicas actuales no podrían o sería muy complejo dimensionar adecuadamente la influencia orgánica de diferentes tipos de actividades y formular acciones de vigilancia, control y monitoreo específico.

La presente revisión compila y analiza experiencias desarrolladas en diversos ambientes de trabajo y en actividades variadas, determina el real impacto en quien lo ejecuta mediante el registro de la frecuencia cardiaca. Sin ser el único método, se lo recomienda por su practicidad, eficiencia y no invasividad.

La frecuencia cardiaca se convierte en un componente primordial al realizar estimaciones sobre otras capacidades vitales y poder establecer con ellas acciones para retrasar estados de fatiga y acortar periodos de recuperación antes, durante y después de la jornada de actividades.

La aplicación de esta técnica de medición en diferentes campos - deportiva, escolar, artística, industrial, etc, permite planificar, a su vez, diversas actividades como son jornadas de trabajo, estudio, entrenamiento, equipos de trabajo, tiempos de recuperación, apoyos tecnológicos, mecanización de sistemas.... De ahí que el avance en su investigación y empleo en el campo de trabajo constituye un verdadero aporte para lograr calidad de vida laboral y productividad.

Palabra clave: Frecuencia cardiaca, carga cardiaca, carga física

Introducción

En el mundo actual, mantener la productividad, disminuir las enfermedades y los accidentes laborales se ha convertido en una prioridad. La OIT estima que cada año se producen 2 800 000 eventos de estas contingencias, de los cuales 800 000 son accidentes y 2 000 000 son enfermedades que llevan a la muerte. Hasta la fecha, existen múltiples protocolos para valorar inicialmente el estado de salud general de los trabajadores: estudios en sangre, imagen, capacidades ventilatorias, toxicológicos, EKG, RX, etc., los cuales aportan información sobre el estado de salud actual del personal y/ o su posible afectación por las actividades laborales. Mientras más integral sea esta valoración, mayor certeza nos otorga sobre su real condición y aptitudes para el tipo de tarea a desarrollar; sin embargo, aún el proceso de incorporar tecnología en las valoraciones de campo para determinar aptitud e impacto de la carga de trabajo es incipiente.

La carga físico-mental que provoca una actividad laboral podría ser cualificada y cuantificada a través de diversos indicadores: el consumo de oxígeno, el gasto energético, la frecuencia cardiaca, y demás. Ciertos estudios de laboratorio

Abstract.- Due to modern technology, recording vital signs has become a practice of great growth and impact in diverse environments, including aerospace and sports medicine, occupational health, palliative and outpatient care, etc. Recording vital signs contributes essential information to the development of these sciences. Without the latest technological tools, it would be impossible, or very complex, to accurately measure the influence of different activities on the body and to formulate actions of surveillance, control, and specific monitoring.

The present review compiles and analyzes the experience of different work environments and different activities by using heart rate to determine the real impact on the person executing the task. Although this is not the only possible method, it is recommended for its practicality, efficiency and non-invasiveness.

Heart rate then becomes a primary component to estimate capacity in other areas of life, which allows the establishment of action plans to delay fatigue levels and shorten physical recovery periods before, during, and after workday activities.

The use of this measurement technique in different fields - sports, academic, artistic, industrial, etc., - allows planning various activities such as: working, studying, training, working in teams, recovery times, technological support, system mechanization.... Therefore, the investigation and utilization of measuring heart rate constitutes a real method to achieve increased quality of life at work and increased productivity.

Key words: Heart rate, cardiac load, physical load.

son de mayor complejidad por la infraestructura, el equipamiento, los costos y la metodología en su operativización, lo que no posibilita su aplicabilidad en mayor escala. La determinación de la frecuencia cardíaca es el procedimiento de menor complejidad para su registro eficiente: utiliza tecnología accesible, no invasiva, aporta información que sola o incorporada a ecuaciones o tablas permite obtener cifras referenciales del gasto energético, consumo de oxígeno, carga cardíaca, tiempos de recuperación, etc.

El objetivo de la presente revisión es documentar experiencias en la utilización del registro de la frecuencia cardíaca en ambientes de trabajo, en rutinas laborales reales que referencien la pertinencia del método, la validez de los resultados y los usos prácticos de la información obtenida.

La revisión bibliográfica tiene como base el contenido proveniente del Sistema de Bibliotecas de la Universidad de Concepción (SIBUDEC) y bases de datos libres. El motor de búsqueda utilizado es Pubmed, se ha consultado publicaciones tales como Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, Revista Cubana de Salud y Trabajo, Revista Facultad Nacional de Salud Pública de Colombia, Revista de la OIT-Trabajo, Revista de la Universidad Industrial de Santander, Avances en Cardiología, Journal of Sport and Health Research, entre otras, junto con documentos recopilados a través de los años en el ejercicio de la profesión.

Para los textos en español, inglés y portugués se usaron como palabras claves: carga física, frecuencia cardíaca, consumo de oxígeno, gasto energético.

DESARROLLO DEL TEMA

CONTEXTO HISTÓRICO

El concepto de salud-enfermedad, entendido como un proceso dinámico de estados contrarios que involucra las esferas: física, psíquica y social, ha logrado en la historia encontrar los llamados determinantes de la salud, como referentes de elementos diversos que, interactuando entre ellos, inclinan el estado transitoriamente a la salud o a la enfermedad, en este círculo virtuoso o vicioso está contemplado el quehacer del ser humano o lo que llamamos trabajo.

Como señala Engels "El trabajo es la primera condición básica de toda vida humana, y, en tal grado, es quien hizo al hombre". No aceptar esta como otras reflexiones que aluden el poder transformador del hombre en el trabajo y del trabajo en el hombre, es no llegar a entender la dinámica relación de la salud-enfermedad con el trabajo. Las particularidades históricas de la evolución en el trabajo de la humanidad nos llevan indefectiblemente a caracterizaciones de formas de envejecer, enfermar y morir (Velásquez 2015). El tiempo, la forma, las condiciones, en las que se integran las personas al trabajo determinan su dedicación y su estado general al fin de la vida laboral.

Respecto a las exigencias que plantea la actividad física en las personas, la historia recuerda a Galeno, quien dijo: "Para mí no parece ser que todo el movimiento sea ejercicio, solo cuando es vigoroso... el criterio para determinar si es vigoroso es el cambio en la respiración; los movimientos que no alteran la respiración no

se llaman ejercicio." (Fisiología del ejercicio, McArdle 2015)

Leonardo Da Vinci (1452-1519), ya en el siglo XIV, determina la estructura jerárquica que ejerce el cerebro humano sobre los órganos, aparatos y sistemas, así como la función de bomba del corazón y el desarrollo de un modelo para explicar el movimiento muscular. Vesalio (1514-1564), en el mismo siglo, estudió la acción-reacción de la estimulación nerviosa en la contracción muscular. Posteriormente Santorio (1561-1636) desarrolla la tecnología básica para el registro de signos vitales tales como la temperatura y la metodología básica para valorar la influencia de las actividades diarias en el peso corporal. En forma contemporánea, Harvey (1578-1657) aborda en sus estudios la circulación cardíaca, la acción de bomba y de circuito cerrado de arterias a venas. En pleno siglo XVII, Borrelli (1608-1679) incorpora la variante de la circulación pulmonar como elemento clave para entender el proceso de aporte de O₂ al organismo. Luego Boyle (1627-1691) demuestra experimentalmente que la combustión y la respiración requieren aire. Hacia el siglo XVII, Priestley (1733-1804) identifica al oxígeno como un elemento indispensable para la vida del cuerpo humano. Lavoisier (1734-1794), por su parte, incorpora el balance energético en la dimensión corporal y también la influencia de la actividad muscular en los cambios respiratorios. Más tarde, en el siglo XIX, Smith (1819- 1874) realiza investigaciones sobre el trabajo físico intenso y alimentación y el trabajo y reposo. Posteriormente, Austin Flint, Jr. (1836-1915) determina

la influencia de la actividad muscular en el incremento de la frecuencia cardíaca.

FUNDAMENTO

Cada una de las innumerables exploraciones realizadas a través del tiempo por brillantes científicos han permitido avanzar en la comprensión del cuerpo humano como un conjunto de sistemas y subsistemas, los cuales, son influenciados por elementos del ambiente y de sustancias que ingresan al organismo: medicamentos, alimentos, el oxígeno, etc. Estos últimos, a su vez, generan una secuencia de reacciones neuroquímicas, hormonales, enzimáticas, eléctricas, que proveen la energía necesaria para mantener las funciones básicas y enfrentar exigencias asumidas en el trabajo, el deporte, etc. Ahora bien, pueden verse alterados por la edad, sexo, composición corporal, temperatura, humedad, stress mental etc. Para trabajos que demanden una movilización muscular, se requiere un mayor aporte energético y un redireccionamiento del flujo circulatorio; de su registro se podrá orientar la planificación de jornadas y acciones concretas para preservar la salud del trabajador y mantener o mejorar el rendimiento.

La fuente natural de energía son los alimentos, los cuales a través de una serie de complejos y diversos procesos bioquímicos internos convierten la energía química en energía térmica, mecánica, etc. Las vías posibles son dos: la que utiliza oxígeno o llamada también aeróbica y la que no usa oxígeno denominada anaeróbica.

Las actividades en las que se compromete al sistema aeróbico disponen de un mayor aporte de energía, retrasan la aparición de fatiga y requieren de menor tiempo de recuperación, mientras que para aquellas que no cuentan con el oxígeno su tiempo de ejecución es corto, la fatiga aparece más temprano y la recuperación es más tardía.

Es posible determinar la influencia orgánica de las actividades que realiza una persona en su trabajo mediante el registro de signos, productos o subproductos orgánicos como son el consumo máximo de oxígeno, la frecuencia cardíaca, la concentración de ácido láctico, el gasto energético, etc. Cada uno de ellos tiene su aplicabilidad, así como sus limitaciones, más complejas son aquellas metodologías que para su implementación se tornan invasivas (medición de ácido láctico) o incomodan la actividad del evaluado (consumo de O₂ máximo) y, por lo tanto, modifican la ejecución de su trabajo diario o aquellas que por infraestructura, equipamiento y experticia imposibilitan su uso (la calorimetría). (NTP 295)

En contraste, la medición de la frecuencia cardíaca se describe como un método fácil, cómodo, eficiente, confiable al aplicarlo y que permite desarrollar estimaciones que como el consumo de oxígeno se relacionan linealmente (Carta y Aru 2001). La aplicación de esta metodología está ampliamente documentada en ciencias como la medicina del deporte, la medicina aeroespacial, la medicina de especialidad. La tecnología disponible para medir signos como la frecuencia cardíaca (FC) es diversa, podríamos clasificarla en dispositivos básicos y avanzados como los manuales para audición directa, sensores electrónicos en monitores, pulso-oxímetro, Holter, pulsómetros o cardiófrecuencímetro, etc.

La medición nos permite entender el dinámico intercambio entre el ciclo aeróbico-anaeróbico y su influencia en el ciclo trabajo-reposo, rendimiento-fatiga, fatiga-recuperación, mediante valores e índices como FC en reposo, FC media de trabajo, CCA costo cardíaco absoluto, CCR el costo cardíaco relativo, AFC aceleración de la FC, entre otras.

Sin embargo, un adecuado registro e interpretación de los datos obtenidos debe tomar en cuenta factores internos y factores externos. Entre

los factores internos se considera la edad, sexo, el ritmo circadiano, hora del día, temperatura corporal, volumen de O₂, volumen respiratorio, así como estados de deshidratación y fatiga. En cuanto a los factores externos múltiples, es posible identificar el ciclo sueño-vigilia, la presión, el estrés, la temperatura, humedad, altitud, fármacos. (DuRant 1993 Macfarlane y Tung-Kwong, 1998; Riddoch y Boreham, 1995).

APLICABILIDAD LABORAL

El trabajo entendido como toda actividad humana que tiene un propósito puede ser tan diverso como las necesidades de los seres vivos que existen, la obtención de información sobre el impacto de cada una de ellas en sus ejecutores es un desafío real; nos orienta sobre un universo enorme de información a ser obtenida y que la vincularemos a la actividad diaria. Actividades como el estibar, catalogada como intensa, demanda esfuerzo físico y tiene a su vez múltiples subactividades de mayor o menor impacto: desplazar, halar, la repetitividad, el uso de herramientas, etc. Para su ejecución compromete diversas estructuras anatómicas y capacidades funcionales al monitorear la frecuencia cardíaca (FC) se determina que las acciones de palear (genera movimientos repetitivos), arrumar y desarrumar (manipular pesos) son las más demandantes (Zapata, 2011), mayormente en actividades realizadas solo con los miembros superiores (Velásquez 2015). Para estimaciones de trabajo aceptable de la carga dependerá el esfuerzo y la compensación será disminuir el tiempo de exposición, en actividades de trabajo que involucran todo el cuerpo y/o los miembros inferiores, los tiempos máximos aceptables de trabajo (TMAT) fueron similares. La FC se incrementa demostrando la variación del impacto diferenciado entre la alta demanda del trabajo con cargas estáticas versus las actividades dinámicas (Chen y Lee, 1998), los estados de fatiga son más tempranos en trabajos con cargas constantes que con cargas intermitentes (Krzysztof, 2005), la respuesta dependerá de la preparación y del tiempo de entrenamiento antes que de la edad del trabajador (Rojas, 2006), las acciones en que participan masas musculares grandes será menos demandante que aquellas que incorporan músculos pequeños y, de ser estos los utilizados, es fundamental implementar

pausas largas en la jornada (Aminoff, 1998). Aquellas personas que presentan una FC más baja a la valoración en el reposo, se consideran más aptos para trabajos físicos más demandantes (Ariza, Idrovo 2005). El incorporar ayudas mecánicas al trabajo disminuye el impacto físico al trabajador (Velásquez, 2013), en actividades agrícolas permite cualificar las acciones de cortar, transportar, recolectar y categorizarlas como ligeras, algo pesado o muy moderado, respectivamente (Peña, 2014).

En el campo de la salud, el personal auxiliar combina su actividad mental con la física intensa, frente al manejo del paciente asumen posturas forzadas, cargas, movimientos repetitivos. Para este segmento de trabajadoras, el registro FC establece como actividades más demandantes: el cambio de absorbentes del paciente, las transferencias de una cama a otra y la realización de las camas (Romero y otros, 2011).

En las labores intelectuales, Almirall cita: "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 trabajos que requieren un considerable esfuerzo mental". En lo que respecta a la práctica musical, Elbaun concluye: "El intérprete requiere convertirse en casi un atleta de miembro superior por el nivel y tipo de habilidades motrices requeridas". Un músico profesional debe emplear movimientos repetitivos, gran fuerza y precisión. El registro de la FC reporta que la práctica de repaso diario del instrumento no genera incrementos significativos, si se registran elevaciones de esta mientras se realizan presentaciones de obras en recitales, variando más según la característica de la obra o el tipo de instrumento: en los de viento como clarinete y trompeta son exigentes momentos en que se produce la maniobra de Valsalva (se sucede al emitir el sonido), al controlar la respiración o en las líneas largas por demanda respiratoria, así como la capacidad de recuperación de los ejecutantes se puede evidenciar al terminar la interpretación (Calvo 2015).

En actividades administrativas, la monitorización de la FC determina que el trabajo de los lunes impacta más que los otros días en la semana, el de la tarde mayor que el de las

horas de la mañana, los días en que realizan actividad física tipo gimnasia hay menor impacto que los días que no la realizan, los incrementos en la jornada son más significativos en la mujer que en el hombre, así como también los factores emocionales (Berrio 2015). En los controladores aéreos, un 50% presentan estados de fatiga al inicio de la jornada, así como mientras dura su ciclo de trabajo de 2 horas, incrementándose por condiciones ambientales como el ruido y estilos de vida inadecuados. (Escalona 1996).

En grupos etarios diferentes, hay particularidades fisiológicas que son reflejadas en la FC, y por ello se convierte en un indicador del estado general de salud, así como un factor de medición del impacto de las actividades académicas, deportivas, etc. En particular, en la población infantil se registran niveles más altos que en un adulto ante cualquier esfuerzo físico, por el volumen sistólico (Pons, 1996). Además, conforme avanza el crecimiento y desarrollo de niños, adolescentes y mayores, la FC máxima disminuye linealmente con la edad

(Londeree y Moeschberger 1984). Al monitorear jóvenes sedentes, estos registran un incremento de la FC con la inspiración y descenso en la expiración (Cabrera 1997), mientras que las niñas evidencian una frecuencia mayor que los niños (Navarro y Rico 1998). La actividad física de competencia en un niño incrementa su FC, por las características anatómicas y fisiológicas de su organismo y por el componente emocional que podría generarle. (Barrio, 11).

Conclusiones

Respecto a la práctica de registro de la FC, es una metodología fácilmente reproducible, específica y sensible.

Los materiales e implementos, así como el procedimiento para el registro, están validados y ampliamente documentados.

La metodología es aceptada por el personal, no interfiere en la jornada laboral, por lo que se la puede aplicar en tiempo y condiciones reales de trabajo.

La información que aporta el registro de la FC permite planificar jornadas laborales, turnos, equipos de trabajo, horarios, tiempos de recuperación, etc.

El registro de la FC en menores de 10 años, por sus características anatómicas y fisiológicas no es una herramienta efectiva.

El registro de la FC aporta información exacta del impacto de actividades físicas o intelectuales. 👤

* Médico Cirujano
Especialidad en Salud Ocupacional y Medicina del Trabajo
Magister en Ergonomía
Antropometrista ISAK
Coordinador Técnico del Centro de Estudios del Trabajo

Bibliografía

- Velásquez JC. Tiempo máximo aceptable de trabajo para tareas ejecutadas con miembros superiores e inferiores. *Rev Univ Ind Santander Salud*. 2015; 47(3): 313-323.
- Velásquez, J. (2015). Carga física de trabajo bases fisiológicas para su estudio. Research Gate
- McArdle, W.; Katch, F.; Katch, V. (2015). Fisiología del ejercicio, España. The point.
- NTP 295: Valoración de la carga física mediante la monitorización de la frecuencia cardíaca
- Carta, P., & Aru, G. (2001) Incremental stress test: comparison between protocols and cardiorespiratory reference values in healthy workers. *Giornale italiano di medicina del lavoro ed Ergonomics*, jan-mar; 23 (1), pp: 5-11.
- Durant RH, Baranowski T, Davis H, Rhodes T, Thompson WO, Greaves KA et al. Reliability and variability of indicators of heart-rate monitoring in children. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:389-95
- Zapata, H.; Arango, G.; Estrada, Luz. (2010). Valoración de carga física en estibadores de una cooperativa de trabajo asociado. *Revista Nacional de Salud Pública*.
- Chen, Yi-Lang., & Lee, Yung-Hui Y. (1998) Effect of combined dynamic and static workload on hear rate recovery cost. *Ergonomics*; 41 (1), pp: 29-38
- Roja, Z., Kalkis, V., Vain, A., Kalkis, H., & Eglite M. (2006) Assessment of skeletal muscle 22 fatigue of road maintenance workers based on heart rate monitoring and myotonometry. *Journal Occupational Medicine and Toxicology*. jul 27, 20(1), pp: 1-9. doi:10.1186/1745-6673-1-20
- Aminoff, T., Smolander, J., Korhonen, O. & Louhevaara, V. (1998) Prediction of acceptable physical work loads based on responses to prolonged arm and leg exercise. *Ergonomics*. 41 20 (1), pp: 109-120.
- Ariza, L., E & Idovro, A., J. (2005) carga física y tiempo máximo de trabajo aceptable en trabajadores de un supermercado Cali, Colombia. *Rev. Salud Pública*, 7(2), pp: 145-156
- Abmirall, P.; Santader, J.; Vergara, A. (1995). La variabilidad de la frecuencia cardíaca como indicador del nivel de activación ente esfuerzo mental. *Revista cubana Higiene Epidemiología*.
- Romero, M. Álvarez.; C.; Prieto, A. (2011). Evaluación de la carga física de trabajo, mediante la monitorización de la frecuencia cardíaca, en auxiliares de enfermería de una residencia geriátrica municipal. *Enfermería del trabajo*.
- Calvo, A. (2015). Carga física de trabajo y hábitos de estudio y de trabajo en estudiantes de clarinete. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*.
- Berrio, S.; Quintana, L. (2015). Estudio de la influencia de factores asociados a la jornada de trabajo con la frecuencia cardíaca en un grupo de trabajadores sedentarios. *Pontificia Universidad Javeriana de Colombia*.
- Escalona, E. y otros. (1996). Fatiga laboral en controladores de tránsito aéreo. *Salud de los trabajadores*.
- Londeree B, Moeschberger M. Effect of age and other factors on maximal heart rate. *Res Q Exerc Sport*. 1982; 37: 153-6.
- Cabrera, I.; Cabrera, A.; Gallardo, G. (1997). Variabilidad de la frecuencia cardíaca en el joven normal. *Revista Cubana Investigación Biomédica*.
- Barrios Herrero, L., & López Ferradaz, M. Á. (2011). Aportes del ejercicio físico a la actividad cerebral.