

VALORACION DE LA CARGA FISICA MEDIANTE LA MONITORIZACION DE LA FRECUENCIA CARDIACA

D. Sole / P. Ubieto
C.N.C.T. / Barcelona / I.N.S.H.T.

INTRODUCCION

Toda actividad física entraña un aumento del gasto energético y la puesta en marcha de varios mecanismos de compensación que permiten el ajuste de ciertas funciones.

En síntesis, disponemos de tres métodos para estimar ese gasto energético:

- 1) La observación de las actividades desarrolladas por el sujeto, descomponiéndolas en ciclos de movimientos elementales y estimando posteriormente el gasto energético a través de tablas. Las ventajas de este método se centran en la posibilidad de un conocimiento detallado del trabajo realizado, así como en la identificación de las fases más desfavorables del mismo. Sus desventajas se concentran en los múltiples factores que pueden alterar la precisión del método, con la consiguiente falta de validez. Dichos factores son: la cuestionable exactitud de las tablas, con el agravante de no poseer tablas con base poblacional española; las características del sujeto examinado y las propias del observador.*
- 2) La medición del consumo de oxígeno. Esta variable presenta una relación lineal clásica con la carga en Watios. Su dispersión es muy reducida, de tal modo que todos los sujetos consumen aproximadamente la misma cantidad de oxígeno para los mismos niveles energéticos. Ahora bien el cálculo de la misma es dificultoso por varias razones: el utillaje es costoso, molesto y muy delicado; el muestreo no puede ser prolongado; suele introducir modificaciones en el ritmo de trabajo, en su organización e incluso en la carga de trabajo. En suma, el metabolismo calculado a partir de este método puede no ser representativo de las condiciones de trabajo habituales.*
- 3) El tercer método consiste en estimar el gasto energético a partir de la frecuencia cardiaca. Muchos autores describen una relación lineal estricta entre este parámetro y el gasto energético. Su principal desventaja es la existencia de una mayor dispersión entre la potencia desarrollada y la frecuencia cardiaca observada entre un sujeto y otro. A su favor, la facilidad de control y las pocas molestias que supone para el explorado, así como su estabilidad intraindividual.*

INSTRUMENTOS DE MONITORIZACION DE LA FRECUENCIA CARDIACA

Disponemos de dos instrumentos bien diferenciados para monitorizar la frecuencia cardiaca:

El pulsómetro o cardiófrecuencímetro, que consta de:

- un monitor-receptor, en forma de reloj de muñeca,
- un sensor/transmisor,
- una banda torácica que sirve de soporte a los electrodos y al sensor/transmisor.

El «Holter» que consiste en la grabación de forma continuada y ambulatoriamente de la actividad cardiaca mediante una «grabadora» de bajo peso conectada a unos electrodos que se colocan en el tórax del explorado. Las señales emitidas por el corazón son registradas sobre una banda magnética que posteriormente será desmenuzada por un analizador.

El interés de este método es doble. Por una parte, en patología cardiaca nos permite la visualización y diagnóstico de alteraciones silentes o dudosas; en Medicina del Trabajo nos ayuda a estudiar las posibles alteraciones del ritmo cardiaco o de la conducción relacionadas con los agentes presentes en el ambiente de trabajo. Por otra, en fisiología, nos ayuda a investigar la adaptación del sujeto al esfuerzo físico, al calor, los factores emocionales, el consumo metabólico... En el campo de la medicina del trabajo, la carga física y la carga mental son dos de las condiciones de trabajo que pueden beneficiarse de este sistema. El utillaje completo está compuesto de una parte móvil formada por dos-tres derivaciones bipolares torácicas unidas a un registrador magnético



portátil, dotado de amplificadores electrocardiográficos y de una parte fija: el lector, que permite el análisis del trazado registrado.

Utilizaremos el pulsómetro, dada la facilidad de su manejo, en aquellas ocasiones en que no exista personal sanitario especializado disponible o cuando se presenten retenciones por parte de los trabajadores en relación al Holter.

UTILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA EN MEDICINA DEL TRABAJO

La elección de la frecuencia cardiaca y el rechazo del consumo de oxígeno en la valoración in situ de la carga física, se debe principalmente a:

- la aceptación del método por parte del trabajador: el medidor de consumo de oxígeno requiere de la utilización de una mascarilla y de una conexión engorrosa con el medidor, lo que lo hace poco atractivo para el trabajador. No así el Holter o el frecuencímetro que se llevan de forma más disimulada y menos aparatosa.
- la no interferencia con las tareas habituales: cuando un sujeto está unido a un aparato registrador sus movimientos pueden verse modificados por el mero hecho de llevarlo: cambios en los hábitos de trabajo, mayor esfuerzo por el peso del aparato y por el uso de la mascarilla, posturas inadecuadas. Cuestiones estas que son mucho más flagrantes con el medidor de consumo de oxígeno.
- la validez aceptable del test escogido en relación a su reproducibilidad, especificidad y sensibilidad.

La frecuencia cardiaca es un método que nos permite estudiar las reacciones derivadas de:

- Las condiciones de trabajo:
 - Carga física de trabajo tanto dinámica como estática,
 - Carga térmica de trabajo,
 - Carga emocional de trabajo: reacciones a los ruidos, al estrés...
- Las propias del individuo:
 - Digestión,
 - Estado emocional particular,
 - Ritmo biológico propio,
 - Estado de salud: integridad cardiaca, condición física...

CRITERIOS DE VALORACION

Las condiciones de aplicación del estudio de la frecuencia cardiaca serán:

- El trabajador debe llevar como mínimo dos semanas trabajando en el puesto objeto de valoración,
- No deberá trabajar a tiempo parcial: su jornada será de como mínimo 8h/día,
- No padecer ninguna enfermedad cardiaca o respiratoria, incluyendo el resfriado común.

El análisis de la frecuencia cardiaca nos permite estudiar la carga física desde dos puntos de vista bien diferenciados, aunque complementarios:

Cualitativo: el estudio del perfil de la frecuencia cardíaca a lo largo del día, durante las horas de trabajo, nos permite detectar aquellas operaciones en las que la demanda cardíaca es intensa; e incluso compararlas según sea el turno de trabajo (Mañana, tarde, noche).

Cuantitativo: los valores que se pueden obtener a partir de la monitorización de la frecuencia cardíaca son:

FC de reposo: Este valor es la piedra de toque de todo el método en sí; de él dependen la mayoría de los índices sobre los que basamos la valoración de la carga física.

Varias han sido las propuestas realizadas y ninguna de ellas es totalmente satisfactoria:

- Frecuencia cardíaca intrínseca:
 $FCI = 118,1 - 0,57 * \text{edad (años)}$
 $\pm 14\%$ en menores de 45 años
 $\pm 18\%$ en sujetos de 45 años o más.
- Frecuencia teórica de reposo:
 Considerar para el hombre una frecuencia de reposo de 60 latidos por minuto y para la mujer de 70.
- Frecuencia cardíaca durante 5-10 minutos en posición sentado, de pie o estirado, antes de la jornada laboral.
- Valor alrededor del cual se establezca la frecuencia cardíaca durante al menos tres minutos durante un período de reposo, en posición sentada.
- Frecuencia cardíaca determinada a partir de métodos estadísticos utilizando los percentiles: Percentil 1 ó 5 del período monitorizado de trabajo; percentil 5 ó 10 de los valores de 24 horas; percentil 50 de un registro de seis horas de reposo nocturno.

Ante la dificultad de muchas de estas medidas, y para un trabajo puramente de «campo», en empresa, las frecuencias cardíacas más útiles serían:

FCR1 = Percentil 1 del período de trabajo monitorizado.
 FCR2 = Moda de un período de reposo de 10 minutos sentado, antes de iniciar el trabajo.

FC media de trabajo (FCM): es la frecuencia media de trabajo para las horas de registro; se tomará la media de todos los valores obtenidos durante el período determinado. El rango de dicha variable estará comprendido entre el percentil 5 (FCM_{min}) y el percentil 95 (FCM_{max}).

Costo Cardíaco absoluto: CCA = FCM = FCR

Nos permite estudiar la tolerancia individual de un trabajador frente a una tarea determinada. Nos da tan sólo una idea aproximada de la carga física de un puesto de trabajo.

Costo cardíaco relativo:

$$CCR = \frac{FCM - FCR}{FCM_{max} - FCR}$$

Este índice nos da una idea de la adaptación del sujeto a su puesto de trabajo. Se utilizará como frecuencia máxima teórica el valor FCM_{max} = (220-edad), con lo que se asume un error de un 5% con respecto a la real que se determinaría mediante una prueba de esfuerzo.

Aceleración de la FC: AFC = FCM_{max} - FCM

A partir de todos estos valores, podemos categorizar el puesto de trabajo estudiado según la carga física que repre-

senta. La valoración tanto individual como colectiva se realizará utilizando:

- la propuesta de Frimat P. para las fases cortas del ciclo de trabajo,
- la propuesta de Chamoux A. para el estudio global.

CRITERIOS DE FRIMAT

Se asignan coeficientes de penosidad (de 1 a 6) a los diferentes criterios cardíacos. La suma de dichos coeficientes nos permite asignar una puntuación al puesto de trabajo clasificándonoslo según su penosidad e incluso según requerimiento cardíaco.

	1	2	4	5	6
FMC	90-94	95-99	100-104	105-109	>110
FC	20-24	25-29	30-34	35-39	>40
FCM_{max}	110-119	120-129	130-139	140-149	>150
CCA	10	15	20	25	30
CCR	10%	15%	20%	25%	30%

Valoración de las puntuaciones:

25 PUNTOS	Extremadamente duro
24 PUNTOS	Muy duro
22 PUNTOS	Duro
20 PUNTOS	Penoso
18 PUNTOS	Soportable
14 PUNTOS	Ligero
12 PUNTOS	Muy ligero
≤ 10 PUNTOS	Carga física mínima

Como valoración de referencia más sencilla podemos utilizar la siguiente clasificación:

Demanda cardíaca	FCM	FC
Importante	>110	>30
Soportable	100 a 110	20 a 30
Aceptable	<100	<20

CRITERIOS DE CHAMOUX

Estos criterios se aplicarán tan sólo en la valoración global del puesto de trabajo y para duraciones de jornada laboral de ocho horas consecutivas.

A partir del CCA

Coste absoluto del puesto de trabajo

0-9	muy ligero
10-19	ligero
20-29	muy moderado
30-39	moderado
40-49	algo pesado
50-59	pesado
60-69	intenso

A partir del CCR

Coste relativo para el trabajador

0-9	muy ligero
10-19	ligero
20-29	moderado
30-39	bastante pesado
40-49	pesado

CONCLUSIONES

La utilidad de la frecuencia cardiaca como método de evaluación no es cuestionable; ha sido demostrada por múltiples estudiosos del tema en aspectos tan diversos como:

- evaluación de la carga física
- evaluación de un puesto de trabajo o de una fase
- evaluación de una aptitud
- reinserción de discapacitados
- evaluación de una intervención.

El médico del trabajo puede disponer con esta metodología de un instrumento indispensable para buscar y favorecer el equilibrio fisiológico óptimo entre las capacidades funcionales del trabajador y las condiciones de trabajo. Su utilización requiere, sin embargo, de una metodología estricta y de un rigor científico exquisito. No podemos limitarnos a monitorizar la frecuencia cardiaca; hay que controlar tanto el ambiente (ruido, temperatura, humedad...) como conocer perfectamente el trabajo o la secuencia del trabajo que vamos a estudiar. Es necesario, pues, contar con la colaboración de un grupo multidisciplinar que integre todos los datos recogidos y valore los resultados en su conjunto.

BIBLIOGRAFIA

AIMARD, P. ROBINET, J. GIMBERT, E. GAUDEMARIS, R. PERDRIX, A. MALLION, JM.

Comparaison de diverses méthodes d'études de la charge de travail (méthodes objectives et méthodes subjectives) appliquées au poste de conducteur de bus urbains.
Arch. Mal. Prof., 7-8, 469, 475, 1985.

AMPHOUX, M.

Mesure manuelle de la fréquence cardiaque.
Revue de Médecine du Travail, XV (4), 149, 151, 1988.

BLANKS, R. DOUGLAS, R. SULLIVAN, KRS. CROWTHER, A. SCOTT, GE.

Monitoring of firemen's electrocardiograms.
Research Report, 30, 1, 56, 1987.

CARRIERE, R. CROUZET, C. DASSIER, B. LESPINASSE, Y.

Evaluation de la charge de travail par intégration magnéto-scopique de la fréquence cardiaque.
Arch. Mal. Prof., 1, 19, 22, 1981.

CHAMOIX, A.

Les méthodes de mesures électrocardiographique de la fréquence cardiaque.
Revue de Médecine du Travail, XV (4), 152, 156, 1988.

CHAMOIX, A. BOREL, AM. CATILINA, P.

Pour la standardisation d'une fréquence cardiaque de repos.
Arch. Mal. Prof., 4, 241, 250, 1985.

FAUCON, D.

Le tel-enregistrement de la fréquence cardiaque. Application à l'étude de la charge physique d'un poste de travail.
Arch. Mal. Prof., 4, 304, 306, 1983.

FRIMAT, P.

La fréquence cardiaque, variations, limites d'interprétation.
Revue de Médecine du Travail, XV (4), 148, 149, 1988.

GAUDEMARIS, R. FRIMAT, P. ROUCH, Y. AMPHOUX, M. CANTINEAU, A.

La fréquence cardiaque au travail.
Revue de Médecine du Travail, XV (4), 157, 165, 1988.

GONTHIER, C. MONIN, E. DE GAUDEMARIS, R. BLATIER, JF. PERDRIX, A. MALLION, JM.

Etude de la charge physique de travail de sapeurs-pompiers professionnels par enregistrement de la fréquence cardiaque sur 24 heures.
Arch. Mal. Prof., 7-8, 465, 468, 1985.

LABLACHE-COMBIER, B. LEY, FX.

Utilisation de l'enregistrement électrocardiographique continu dans l'évaluation de la charge de travail des chantiers miniers chauds.
Arch. Mal. Prof., 5, 323, 332, 1984.

LAULHERE, L. KERN, A. GAUDEMARIS, R. MALLION, JM.

Etude de la charge cardiaque de travail chez une population d'éboueurs.
Arch. Mal. Prof., 44 (7), 506, 509, 1983.

MEREAU, M. ROUILLE, Y. PORTIER, G. FIRMAT, P.

Quelques exemples de réalisations en médecine du travail.
Revue de Médecine du Travail, XV (4), 167, 190, 1988.

NIELSEN, R. MEYER, JP.

Evaluation of metabolism from heart rate in industrial work.
Ergonomics, 30 (3), 563, 572, 1987.

ROGOWSKY, M. MALCHAIRE, J.

Etude qualitative et quantitative de la charge de travail par enregistrement continu de la fréquence cardiaque.
Revue des Conditions de Travail, 22, 7, 10, 1986.

ROUCH, Y. REFREGIER, M. BOLLINELLI, R.

Evaluation de la charge de travail par intégration magnéto-scopique de la fréquence cardiaque.
Arch. Mal. Prof., 1, 13, 18, 1981.

SANCHEZ, J. MONOD, H. CHABAUD, F.

Effects of dynamic, static and combined work on heart rate and oxygen consumption.
Ergonomics, 22 (8), 935, 943, 1979.

TERZI, R. MARCALETTI, G. CATENACCI, G.

Valutazione del carico termico individuale in ambienti lavorativi a microclima non omogeneo.
Med. Lav., 80 (3), 211, 217, 1989.

TOMASINI, M.

La applicazione della elettrocardiografia dinamica (ecgd) in medicina del lavoro.
Med. Lav., 77, 483, 488, 1986.

VOGT, JJ. MEYER-SCHWERTZ, MT. FOEHR, R. GOLLE, F.

Validation d'une méthode d'estimation de la charge de travail et de la chaleur a partir de l'enregistrement continu de la fréquence cardiaque.
Le Travail Humain, 1, 131, 142, 1972.

2^{ème} Symposium Grenoble: 8 Décembre 1989.

«Fréquence cardiaque et travail».
Revue de Médecine du Travail, 17 (2), 1990.