

NTP 295: Valoración de la carga física mediante la monitorización de la frecuencia cardiaca

Étude de la charge de travail à partir de l'enregistrement continu de la fréquence cardiaque
Physical work load evaluation by continuous register of heart rate

Redactora:

M^a Dolores Solé Gómez
Especialista en Medicina del Trabajo

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Introducción

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 el gasto energético

- a. 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.
- b. 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.
- c. 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.

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

- El pulsómetro o cardiofrecuencímetro.
- 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.

Las ventajas de la frecuencia cardiaca frente al 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 cardíaca es un método que nos permite estudiar las reacciones derivadas:

- 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 cardíaca, condición física...

Valores e índices derivados del estudio de la frecuencia cardíaca

El análisis de la frecuencia cardíaca 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:
 $FCI = 118,1 - 0,57 * \text{edad (años)}$

- ±14% en menores de 45 años
- ±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 cardiaca durante 5-10 minutos en posición sentado, de pie o estirado, antes de la jornada laboral.
- Valor alrededor del cual se estabiliza la frecuencia cardiaca durante al menos tres minutos durante un periodo de reposo, en posición sentada.
- Frecuencia cardiaca determinada a partir de métodos estadísticos utilizando los percentiles: Percentil 1 ó 5 del periodo 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 cardiacas más útiles serían:

- FCR1 = Percentil 1 del periodo de trabajo monitorizado.
- FCR2 = Moda de un periodo 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 periodo determinado. El rango de dicha variable estará comprendido entre el percentil 5 (FCM_{\min}) y el percentil 95 (FCM_{\max}).

Costo Cadíaco absoluto: $CCA = FCM - FCR$

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

Costo Cardiaco relativo

Este índice nos da una idea de la adaptación del sujeto a su puesto de trabajo. Se utilizará como frecuencia máxima **teórica** el valor $FCM_{\max t} = (220 - \text{edad})$, 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: $\Delta FC = FCM_{\max} - FCM$

A criterio del Ing. Stenenson, FCM_{\max} se refiere al valor máximo registrado (percentil 100). v nó al obtenido por la fórmula

A partir de todos estos valores, podemos categorizar el puesto de trabajo estudiado según la carga física que representa. 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**.

Metodología de estudio

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.

Se rellenarán los datos de la ficha de datos (fig. 1) antes de proceder a la colocación del Hoffer o del frecuencímetro, en una sala climatizada. Una vez colocado el instrumento de medida, se dejará descansar al trabajador 10 minutos en posición sentado.

FICHA DE DATOS

FECHA _____ EMPRESA _____

DENOMINACION PUESTO DE TRABAJO _____

NOMBRE _____ FECHA NACIMIENTO _____

DESAYUNO

Tiempo transcurrido desde la finalización del desayuno

Composición del desayuno _____

HABITOS TOXICOS

Tabaco

¿Es fumador? 1. Sí 2. No 3. Ex-fumador

Si fuma o ha fumado:

nº de cigarrillos/día

nº de puros/puritos/pipas

Hora del último cigarrillo

Si no fuma actualmente:

Tiempo (meses) que dejó de fumar

Alcohol

¿Toma bebidas alcohólicas? 1. Sí 2. No

TIPO	nº/día	nº/semana
Cerveza	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Vino	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Otros	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Si otros, especificar _____

Hora de la última ingesta alcohólica

Medicación

¿Toma actualmente alguna medicación? 1. Sí 2. No

¿Para qué _____

¿Cuál? _____

PREPARACION FISICA

¿Practica algún deporte o actividad física? 1. Sí 2. No

En caso afirmativo indique:

- Tipo _____
- Veces/semana
- Meses que lleva practicándolo

EXPLORACION FISICA

	ANTES	DESPUES
PESO	<input type="text"/>	<input type="text"/>
TA	<input type="text"/>	<input type="text"/>

$$IDH = \frac{P_A - P_B}{P_A} = \text{ }$$

Resultado ECG

1. Exploración no realizada
2. Normal
3. Alteraciones

Fig. 1: Ficha de datos

Durante la monitorización, que será de cuatro horas como mínimo, marcaremos los siguientes tiempos:

- Inicio y final de la pausa inicial.
- Inicio y final de cada ciclo de trabajo.
- Cualquier evento significativo: interrupciones del ciclo de trabajo, movimientos o periodos extremos en relación a la carga física...

Finalmente, se procederá a desconectar el medidor en la sala dispuesta a tal fin.

Criterios de valoración

Se consignaran los datos en la ficha de valoración individual (fig. 2). Los criterios de valoración propuestos son los siguientes:

FECHA _____ EMPRESA _____	
DENOMINACION PUESTO DE TRABAJO _____	
NOMBRE _____ FECHA NACIMIENTO _____	
<p>PROCEDIMIENTO UTILIZADO <input type="checkbox"/></p> <p>1. Holter 2. Pulsómetro</p> <p>INDICE DE QUETELET</p> $IQ = \frac{\text{PESO(g)}}{\text{TALLA (cm)}^2} = \boxed{} \boxed{}$ <p>PERDIDA DE PESO DURANTE EL TRABAJO</p> $IDH = \frac{P_A - P_B}{P_A} = \boxed{} \boxed{}$	<p>VALORACION CURVA DE FC</p> <p>Duración de la monitorización</p> <p>FC de reposo: FCR 1 (percentil) <input type="text"/><input type="text"/><input type="text"/><input type="text"/></p> <p> FCR2 (10' antes) <input type="text"/><input type="text"/><input type="text"/><input type="text"/></p> <p>FC media de trabajo: FCM <input type="text"/><input type="text"/><input type="text"/><input type="text"/></p> <p> FCM_{max} <input type="text"/><input type="text"/><input type="text"/><input type="text"/></p> <p> FCM_{min} <input type="text"/><input type="text"/><input type="text"/><input type="text"/></p> <p>FC máxima teórica: FCt (220-edad) <input type="text"/><input type="text"/><input type="text"/><input type="text"/></p> <p>Costo Cardíaco absoluto (FCM-FCR): CCA <input type="text"/><input type="text"/><input type="text"/><input type="text"/></p> <p>Costo cardíaco relativo (CCA/FC_r-FCR): CCR <input type="text"/><input type="text"/><input type="text"/><input type="text"/></p> <p>Aceleración de la FC (FCM_{max}-FCM): ΔFC <input type="text"/><input type="text"/><input type="text"/><input type="text"/></p>

Fig. 2: Ficha de valoración individual

Criterios de FRIMAT

Se asignan coeficientes de penosidad (de 1 a 6) a los diferentes criterios cardiacos. La suma de dichos coeficientes nos permite asignar una puntuación al puesto de trabajo clasificándolo según su penosidad e incluso según requerimiento cardiaco. (Ver cuadro 1)

Cuadro 1

	1	2	4	5	6
FCM	90-94	95-99	100-104	105-109	> 110
ΔFC	20-24	25-29	30-34	35-39	> 40
FCM _{max}	110-119	120-129	130-139	140-149	> 150
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	ΔFC
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	A partir del CCR Coste relativo para el trabajador
0- 9 muy ligero	0- 9 muy ligero
10-19 ligero	10-19 ligero
20-29 muy moderado	20-29 moderado
30-39 moderado	30-39 bastante pesado
40-49 algo pesado	40-49 pesado
50-59 pesado	
60-69 intenso	

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.

Bibliografía

(1) AIMARD, P., ROBINET, J., GIMBERT, E., DE GAUDEMARIS, R., PERDRIX, A. MALLION, J.M.

Comparaison de diverses méthodes d'étude de la charge de travail (méthodes objectives et méthodes subjectives) appliquées au poste de conducteur de bus urbain
Arch. Mal. Prof., 46 (7-8), 469, 475, 1985

(2) CHAMOUX, A., BOREL, A.M., CATILINA, P.

Pour la standardisation d'une fréquence cardiaque de repos
Arch. Mal. Prof., 46 (4), 241, 250, 1985

(3) CHAMOUX, A., CATILINA, P.

Le système Holter en pratique
Medicine du Sport, 58 (5), 43-273, 54-284, 1984

(4) FRIMET, P., AMPHOUX, M., CHAMOUX, A.

Interprétation et mesure de la fréquence cardiaque
Revue de Medicine du Travail, XV (4), 147, 165, 1988

(5) FRIMAT, P., FURON, D., CANTINEAU, A., DELEPINE, P., SIX, F., LUEZ, G.

Le travail à la chaleur (verrière). Etude de la charge de travail par ECG dynamique. Applications de la Méthode de VOGT
Arch. Mal. Prof., 40 (1-2), 191, 201, 1979

(6) GREEN, M.S., LUZ, Y., JUCHA, E., COCOS, M., ROSENBERG, N.

Factors affecting ambulatory heart rate in Industrial workers
Ergonomics, 1986, 29 (8), 1017-1027

(7) ROUCH, Y., REFREGIER, M., BOLINELLI, R.

Evaluation de la charge de travail par intégration magnéto-scopique de la fréquence cardiaque

Arch. Mal. Prof., 42 (1), 13, 26, 1981

(8) 2ème SYMPOSIUM GRENOBLE- 8 DECEMBRE 1989

Fréquence cardiaque et travail

Revue de médecine du travail, 1990, XVII (2)

(9) TOMASINI, M.

La applicazione della elettrocardiografia dinamica in medicina del lavoro

Med. Lav., 77, (7), 483, 488, 1986

(10) VOGT, J.J., FOEHR, R., KIRSCH, J., GOLLE, F., MEYER-SCHWERTZ, M.T.

Estimation des charges de travail et des charges de chaleur en situation réelle de travail: Principes et applications d'une nouvelle méthodologie

Le travail Humain, 33, (1-2), 125, 140, 1970

(11) VOGT, J.J., MEYER-SCHWERTZ, M.T., FOEHR, R., GOLLE, F.

Validation d'une méthode d'estimation de la charge de travail et de la charge de chaleur à partir de l'enregistrement continu de la fréquence cardiaque

Le travail Humain, 35 (1), 131, 142, 1972