



VÍCTOR ARANA MUNARRIZ E
IÑAKI ECHEBERRIA AIZPURU
*Médicos de empresa. Servicio de
Prevención de FAGOR (Guipúzcoa)*

Monitorización de la frecuencia cardíaca en el estudio de la carga física en el trabajo

SUMARIO

En el presente trabajo se comparan los resultados obtenidos en la monitorización de la frecuencia cardíaca durante el trabajo de dos muestras de población diferenciadas por su actividad laboral. Se han seleccionado 25 operarios de una empresa de fabricación de electrodomésticos y se compararon con 28 operarios de una empresa de fundición de hierro. Se comparan, estadísticamente, los valores medios de todos los parámetros (F.C. máxima teórica, F.C. media, F.C. punta en el trabajo, costo cardíaco absoluto, aceleración de la F.C.) de ambas muestras de población, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre ambas poblaciones.

Palabras clave: Ergonomía, frecuencia cardíaca, carga física.

INTRODUCCIÓN

De todos es conocida la importancia e incidencia del esfuerzo físico sobre el trabajador, así como las dificultades existentes en la aplicación de un método sencillo, fidedigno y de fácil aplicación para la valoración de la carga física en el puesto de trabajo. En FAGOR, históricamente, hemos venido aplicando diversos métodos de valoración de carga física.

Inicialmente, allá por el año 1982, se realizó un estudio de carga física, prácticamente en todas las plantas

del grupo y en los puestos representativos del mismo, aplicando el método de desglose en tareas y asignándole a cada una, según fórmula de NIOSH, el coste en kilocalorías. Posteriormente, y con la finalidad de profundizar en el trabajo anterior, dadas sus insuficiencias, se realizó un estudio similar aplicando el método de la casa Renault, el cual profundiza, sobre todo, en el aspecto postural de los distintos segmentos corporales. En el momento actual nos encontramos inmersos en un estudio piloto en colaboración con el IBV, con objeto de hacernos con una herramienta fidedigna y que integre todos los factores responsables de la sobrecarga física en el trabajo.

Cada uno de los métodos aplicados por nosotros presenta aspectos prácticos válidos, pero también insuficiencias específicas propias de cada herramienta.

Un método muy conocido y de fácil manejo es el de medir las alteraciones de la frecuencia cardíaca del trabajador a lo largo de la ejecución del trabajo. Es un método que tiene a su favor.

- La sencillez de aplicación.
- Valora los efectos directos sobre el trabajador (o, al menos, sobre el sistema cardiovascular).

Por otra parte, como aspectos en contra del mismo, señalaríamos:

- Es un método que valora globalmente el efecto sobre el individuo sin poder precisar la parte de la tarea responsable del perjuicio (en caso de haberlo), o la parte o segmento corporal más perjudicada.



Puesto: Premontaje cableado (FAGOR Electrodomésticos).

- Tiene la limitación de depender de las características físicas del sujeto en estudio y su grado de entrenamiento.

OBJETIVO

El objetivo del presente estudio es comparar los resultados obtenidos de la aplicación del método de monitorización cardíaca en el estudio de carga física en el trabajo en dos empresas de actividad laboral distinta, así como la repercusión del trabajo sobre el sistema cardiovascular del trabajador.

MATERIAL Y MÉTODO

Se ha procedido a la selección de los puestos de trabajo a estudiar en dos empresas de actividad diferenciada, aun perteneciendo ambas al mismo grupo empresarial.

Se trata, por una parte, de una fundición de hierro y aluminio (FAGOR Ederlan) y, por otra parte, de una empresa dedicada a la fabricación de electrodomésticos (FAGOR Electrodomésticos).

En el caso de FAGOR Ederlan se realizó un estudio sobre 28 puestos de trabajo representativos de la empresa. Puestos que anteriormente, y por estudios realizados por el Servicio de Prevención de la Empresa, estaban catalogados como de esfuerzo moderado y moderado-fuerte. Los puestos seleccionados de esta empresa han sido:

	Puestos
Modelo de Aluminio-M2.200 Tn	4
Fugómetro de Aluminio	1
Desmazarotado fundición de hierro	3
Rebabado fundición de hierro	3
Evacuación granalladora	1
Fabricación de noyos	4
Línea de mecanizado aluminio	1
Rebabado de aluminio	1
Mecanizado de fundición hierro	10



Puesto: montaje motor (FAGOR Electrodomésticos).

En la planta de fabricación de electrodomésticos (concretamente para este estudio: montaje de frigoríficos) se seleccionaron como representativos de la actividad 25 puestos, previamente catalogados por el Servicio de Prevención como moderados, aplicando para ello los mismos métodos de estudio que en la empresa de fundición. Los puestos seleccionados fueron:

	Puestos
Manipulación de electrodomésticos	6
Montaje de frigoríficos	10
Embalaje de frigoríficos	5
Mecanizado de chapa de acero	4

A cada operario le fueron colocados un monitor de ritmo cardíaco tipo Polar Sport Tester, a nivel pectoral, y un pulsómetro en la muñeca durante la jornada laboral (con una duración de 0,5 a 1,25 horas), según protocolo de Mutua Lagun-Aro, realizando el registro de los datos obtenidos en la plantilla de medición y utilizando los criterios FRIMAT para la valoración de la carga física.

Los datos que se recogen en cada puesto son los siguientes:

Relacionados con el puesto de trabajo

Sector, empresa, puesto de trabajo, mes y día de la semana en que se efectúa el registro, hora de iniciación, hora de finalización, duración total del registro, temperatura y humedad en el ambiente de trabajo.

La determinación de la temperatura y humedad se consideran importantes, ya que un excesivo calor o humedad conllevaría un estrés térmico, o una temperatura excesivamente fría, puede alterar la frecuencia cardíaca significativamente.

En hoja adjunta al cuestionario donde se van a registrar todos los datos se hará una descripción lo más detallada posible de las actividades del trabajador durante el tiempo de registro y el momento de realizarlas.

Es importante que el tiempo de registro sea representativo del global y no induzca a errores por recoger sólo parcialmente algunas actividades.

Relacionadas con el operario

Sexo, edad, talla en centímetros, peso en kilos, índice de masa corporal (IMC), tensión arterial sistólica

VALORACIÓN DE LA CARGA FÍSICA

N.º de ficha:
 Apellidos y nombre:
 Sector:
 Empresa:
 Puesto de trabajo:

Registro

Año: Mes: Día:
 Hora inicio: Hora de finalización: Duración:
 Observaciones:

Datos del operario

Sexo: Edad:
 Talla: Peso: IMC:
 TAS: TAD: FCB: FCMAXT:
 Patología que presenta:
 Actividad deportiva:
 Hábito tabáquico:
 Toma de fármacos:
 Observaciones:

Evaluación

FMC: AFC: FCPU:
 CCA: CCR:
 Puntuación: Valoración:

Observaciones

.....

(TAS), tensión arterial diastólica (TAD), frecuencia cardíaca basal (FCB), frecuencia cardíaca máxima teórica (FCMAXT = 220 - edad), patología que presenta, actividad deportiva, hábito tabáquico y fármacos que toma.

La frecuencia cardíaca basal se tomará en la enfermería de la empresa por el médico o ATS, simultáneamente con la tensión arterial antes de iniciar la jornada laboral, después de que el operario observe un período de cinco minutos de reposo, sentado y sin fumar previamente, en ambiente de temperatura agradable.

La exactitud de la frecuencia cardíaca en reposo es importante para valorar correctamente la carga física.

Al programar el monitor, la línea superior del control de la FC se situará en la frecuencia cardíaca máxima teórica multiplicada por 0,7, y la inferior en 70 ppm, con objeto de que al ver la gráfica permita una valoración inmediata de la misma.

- Línea superior: (220-edad) × 70%
- Línea inferior: 70

Una vez efectuados los registros, se realiza el volcado en el soft a través del interface.

Relacionados con los criterios de valoración

De los distintos métodos y criterios de valoración optamos por el FRIMAT, que en base a una serie de coeficientes permite asignar una puntuación a los puestos de trabajo y clasificarlos según su penosidad. Las variables utilizadas van a ser:

– FMC: Frecuencia cardíaca media de trabajo. Viene dada por el pulsómetro.

– FCPU: Frecuencia cardíaca máxima punta. Es la frecuencia máxima registrada durante la actividad laboral.

– ACF: Aceleración de la frecuencia cardíaca. Se obtiene restando de la FCPU la FMC. (ACF = FCPU – FMC).

– CCA: Costo cardíaco absoluto. Se obtiene restando de la FMC la FCB. (CCA = FMC – FCB).

– CCR: Costo cardíaco relativo. Se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$CCR = \frac{FMC - FCB}{FCMAXT - FCB}$$

Una vez establecidos estos valores se procede a la categorización del puesto de trabajo, según los criterios de FRIMAT:

Puntos	1	2	3	4	5
FMC	90-94	95-99	100-104	105-109	>110
AFC	20-24	25-29	30-34	35-39	>40
FCPU	110-119	120-129	130-139	140-149	>150
CCA	<10	11-15	16-20	21-25	>25
CCR	<10%	11-15%	16-20%	21-25%	>25%

A la hora de trasladar estos resultados al mapa de riesgos que se elabora habitualmente, éste contempla una puntuación del 1 al 5, lo cual nos obli-

ga a ajustar la clasificación anterior a una nueva categorización:

La valoración de las puntuaciones queda de la siguiente manera:

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

Grados	Puntos FRIMAT
1	≤ 10
2	11 - 14
3	15 - 19
4	20 - 23
5	≥ 24



Sección: montaje frigoríficos. Puesto: embalaje.

EMPRESA:

SECCIÓN:

FECHA:

PLANTA:

PUESTO:

NOMBRE:

	Factores físicos	1	2	3	4	5	Factores organizativos	B	A	NR
F	Iluminación						Horario de trabajo.....			
	Ruido						Tiempo de ciclo			
A	Carga física						Tiempo de autonomía			
	Ambiente térmico						Espacios y grupos			
C	Postura habitual									
	Vibraciones.....									
T	Factores psíquicos						Descripción del puesto			
	Carga psíquica									
O	Factores químicos									
	Partículas metálicas									
R	Polvo total.....									
	Vapores orgánicos									
E	Humos de soldadura									
	Gases									
D	Otras partículas									
	Factores de accidentabilidad									
I	Golpes, choques con objetos ...									
	Atrapamientos									
S	Caída de objetos y personas....									
	Sobresfuerzos									
G	Proyecciones y contactos.....									

Materiales que se utilizan	Observaciones y deficiencias
Contaminantes químicos	Contraindicaciones
Prendas de seguridad	Opinión del operario

Realizado el muestreo sobre cada individuo de cada una de las empresas, se llevó a cabo una comparación estadística de los diferentes parámetros mediante la cotejación de medias para dos muestras cuantitativas menores de 30, comparando finalmente la T muestral con la T de la tabla de Student para una $p < 0,05$.

RESULTADOS

La Tabla 1 muestra los datos correspondientes a la empresa de fundición de hierro y de aluminio. El tamaño de la muestra es de 28. Se ha calculado la media, desviación de la muestra, valor máximo y mínimo, error de la muestra y el intervalo de confianza para cada parámetro medido.

La Tabla 2 representa los mismos indicadores para los mismos parámetros, pero correspondientes a la empresa de fabricación de electrodomésticos.

La Tabla 3 representa la comparación de cada parámetro con el similar de cada empresa, así como la T muestral y la compara con la T de la tabla para una $p < 0,01$.

De todos es conocida la importancia e incidencia del esfuerzo físico sobre el trabajador, así como las dificultades existentes en la aplicación de un método sencillo, fidedigno y de fácil aplicación para la valoración de la carga física en el puesto de trabajo.

Ho: No hay diferencia esencial entre las plantas estudiadas.

H1: Hay diferencia significativa entre las plantas.

$$\text{DES. TIP.} = \sqrt{\frac{N1s^2_1 + N2s^2_2}{N1 + N2 - 2}}$$

$$T = \frac{X1 - X2}{D \sqrt{1/N1 + 1/N2}}$$

DISCUSIÓN

El presente estudio está destinado a verificar o comprobar la hipótesis mediante la cual la aplicación del método de medición de la frecuencia cardíaca es válido, independientemente de la actividad laboral o del tipo de trabajo al cual está expuesto el trabajador.

La aplicación de este método de valoración (en las dos empresas de actividad bien diferenciada, en dos muestras aleatorias y con un aprendizaje previo mínimo de seis meses, que implica a su vez una adaptación fisiológica del individuo al trabajo) no muestra diferencias estadísticamente significa-



Planta fundicion. Sección moldeo. Desmazarotado piezas. (FAGOR Ederlan).



Planta fundición. Sección acabado. Prensa de rebabado. (FAGOR Ederlan).

TABLA 1. Estudio carga física FAGOR Ederlan. Monitorización frecuencia cardíaca.

	N.º	Med.	Des. mue.	Des. pob.	Val. max.	Val. min.	Err. tip.	Err. mues.	Inter conf.
Edad	28	43,8	12,03	11,82	58	20			
Duración registro (min.)	28	88,24	10,44	10,26	107	70			
Talla (cm)	28	173,6	6,67	6,55	185	157			
Peso (kg)	28	80,17	11,03	10,84	103	62			
I.M.C. (ind. masa corp.)	28	26,46	3,44	3,38	32,88	20,51			
T.A. sistólica basal	28	135	17,42	17,12	160	100			
T. A. diastólica basal	28	79,13	9,91	9,74	95	60			
F. C. basal	28	72,51	9,8	9,62	104	60			
F. C. MAXT freq. cardíaca máxima teórica	28	176,72	12,03	11,82	200	162	2,31	4,73	176,72 ±4,73
F. C. M. freq. cardíaca media	28	89,32	11,36	11,16	118	71	2,18	4,46	89,32 ±4,46
F. C. PU freq. cardíaca punta en el trabajo	28	111,39	15,85	15,57	149	87	3,05	6,25	111,39 ±6,25
A. F. C. Aceleración frecuencia cardíaca (F. C. PU - F. M. C.)	28	22,07	8,84	8,68	45	10	1,7	3,48	22,07 ±3,48
C. C. A. Costo cardíaco absoluto (F. M. C. - F. C. B.)	28	16,67	8,57	8,42	30	1	1,65	3,38	16,67 ±3,38
C. C. R. Costo cardíaco absoluto (C. C. A./F. C. MAXT-F. C. B.)	28	0,16	0,08	0,08	0,28	0,01	0,02	0,04	0,16 ±0,04
Puntuación	28	10,39	4,07	4,0	22	5	0,78	1,59	10,39 ±1,59

Nota: $t = 2,052$ para intervalo de confianza del 95 por ciento.

TABLA 2. Estudio carga física FAGOR Electrodomésticos. Monitorización frecuencia cardíaca.

	N.º	Med.	Des. mue.	Des. pob.	Val. max.	Val. min.	Err. tip.	Err. mues.	Inter conf.
Edad	25	42,9	8,89	8,71	60	24			
Duración registro (min.)	25	60,2	6,68	6,54	72	33			
Talla (cm)									
Peso (kg)	25	83,02	11,42	11,19	103	56			
I.M.C. (ind. masa corp.)	25	28,19	3,62	3,54	36,06	21,45			
T.A. sistólica basal	25	128	12,9	12,64	160	110			
T. A. diastólica basal	25	78,08	7,24	7,09	100	70			
F. C. basal	25	71,36	9,84	9,64	92	50			
F. C. MAXT frec. cardíaca máxima teórica	25	177	8,91	8,73	190	160	1,82	3,75	177 ±3,75
F. C. M. frec. cardíaca media	25	87,52	14,01	13,73	112	63	2,86	5,90	87,52 ±5,90
F. C. PU frec. cardíaca punta en el trabajo	25	111,6	19,51	19,12	148	75	3,98	8,2	111,6 ±8,2
A. F. C. Aceleración frecuencia cardíaca (F. C. PU - F. M. C)	25	23,68	10,78	10,56	63	9	2,2	4,54	23,68 ±4,54
C. C. A. Costo cardíaco absoluto (F. M. C. - F. C. B.)	25	16,52	10,92	10,70	44	3	2,23	4,60	16,52 ±4,60
C. C. R. Costo cardíaco absoluto (C. C. A./F. C. MAXT-F. C. B.)	25	0,15	0,09	0,08	0,39	0,02	0,18	0,04	0,15 ±0,04
Puntuación	25	9,72	5,59	5,48	23	2	1,14	2,35	9,72 ±2,35

Nota: t = 2,06 para intervalo de confianza del 95 por ciento.



Planta fundicion. Sección acabado. Alimentación cadena pintura. (FAGOR Ederlan).

TABLA 3. Estudio comparativo FAGOR-Ederlan/Electrodomésticos.

Parámetros	Ederlan	Electro	Des. tip.	t muestr.	t tabla p < 0,01
F. C. MAXT	M = 176,72 N = 28 S = 12,03	M = 177 N = 25 S = 8,91	10,87	0,09	2,66
F. C. M.	M = 89,32 N = 28 S = 11,36	M = 87,52 N = 25 S = 14,01	12,92	0,51	2,66
F. C. PU.	M = 111,39 N = 28 S = 15,85	M = 111,6 N = 25 S = 19,51	18,01	0,04	2,66
A. F. C.	M = 22,07 N = 28 S = 8,84	M = 23,68 N = 25 S = 10,78	9,99	0,59	2,66
C. C. A.	M = 16,67 N = 28 S = 8,57	M = 16,52 N = 25 S = 10,92	10,81	0,05	2,66
C. C. R.	M = 0,16 N = 28 S = 0,08	M = 0,15 N = 25 S = 0,09	0,086	0,43	2,66
PUNTUAC	M = 10,39 N = 28 S = 4,07	M = 9,72 N = 25 S = 5,59	4,94	0,49	2,66

p < 0,01.

Es importante que el tiempo de registro sea representativo del global y no induzca a errores por recoger sólo parcialmente algunas actividades.

4ª Es un método que está muy condicionado por el aprendizaje previo y la adaptación del individuo al trabajo.

El presente estudio está destinado a verificar o comprobar la hipótesis mediante la cual la aplicación del método de medición de la frecuencia cardíaca es válido, independientemente de la actividad laboral o del tipo de trabajo al cual está expuesto el trabajador.

tivas en ninguno de los parámetros comparados y para una p < 0,01.

Estos resultados refuerzan los planteamientos iniciales de bondad del método como el más cómodo, fácil y ágil a la hora de su aplicación y de valorar las repercusiones reales sobre el individuo. A su vez nos refuerza las limitaciones del mismo, al no valorar los elementos negativos desde el punto de vista ergonómico postural, limitando la actuación correctora sobre el puesto de trabajo.

Estos resultados iniciales nos obligan a continuar profundizando con la realización de nuevos estudios que abarquen tanto la comparación con otras actividades industriales como la de otros métodos de valoración de carga física.

CONCLUSIONES

1ª El método de valoración de la carga física mediante la monitorización de la frecuencia cardíaca, es un método eficaz para valorar al individuo en el trabajo.

2ª Es un método fácil de utilizar y de interpretar que prácticamente no presenta limitaciones de aplicación.

3ª No es un buen método para valorar los aspectos ergonómicos posturales del puesto.

BIBLIOGRAFÍA

- GONTIER, F.: *Consecuencias insólitas de los análisis de evaluación de la carga de trabajo.*
- MAIN, J.: *Estudio de cargas de trabajo.*
- CHEVY, J.: *Estudio de tablas ergonómicas de carga física.*
- NOLLAND, R.: *Consecuencias neurovegetativas de la carga física.*
- DUROUX, J., y BORIE, J.: *Índices de evaluación de cargas de trabajo.*
- HOUSSET, P.; HORAIST, C., y DEBRAY, C.: *Estudio de carga física en puestos de montaje.*
- ROHR, D.; CRITMANN, H., y ANDANSON, J.: *Estudio de los puestos de mantenimiento en la industria manufacturera por medición de la frecuencia cardíaca y observación continua del trabajo.*
- DEMINUID, J. P.: *Ensayo de una metodología ergonómica en la práctica de evaluación de la carga de trabajo.*
- MOLINE, J.; MARTÍN, A.; ERFMANN, R. K. L.; DEROCHE, D.; FROGÉ, E., y MASSON, J. M.: *Interés de la telemetría en medicina laboral. Aplicación de las medidas de frecuencias cardíacas y de las contracciones musculares en el estudio de los puestos de trabajo.*
- FRIMAT, P.; FURON, D.; CANTINEAU, A.; DELEPINE, P.; SIX, F., y LUEZ, G.: *El trabajo en medio caluroso (soplador de vidrio). Estudio de la carga física por electrocardiograma dinámico. Aplicaciones del método VOGT.*
- VOGT, J. J.; MEYER-SCHWERTZ, M. T.; FOEHR, R., y GOLLE, F.: *Validación de un método de estimación de la carga física y estrés térmico a partir del registro continuo de la frecuencia cardíaca.*