

DOI

<https://doi.org/10.29393/EID6-9IMCM10009>



IMPACTO DE LA CARGA CARDIOVASCULAR EN LA SINTOMATOLOGÍA MUSCULOESQUELÉTICA EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA

CARDIOVASCULAR LOAD AND IT IMPACT ON MUSCULOSKELETAL SYMPTOMATOLOGY IN MANUFACTURING INDUSTRY

Cristhian Mella-Riquelme *

Resumen: El propósito de este estudio es cuantificar la carga cardiovascular (CC) de trabajo en un sector industrial y su relación con la sintomatología musculoesquelética, en la industria manufacturera de neumáticos. Se estudió a 92 sujetos varones, de entre 24 y 62 años, operadores de producción. Los resultados mostraron que el sector industrial evaluado presenta un esfuerzo físico equivalente a una CC de 24%, una correlación significativa en el tiempo con molestias en el segmento muñeca-mano y la duración de cada episodio ($p < 0,05$). Se concluye que, existe relación directa con el trabajo de las extremidades superiores, específicamente el segmento más distal, por lo que una alta carga cardiovascular podría ser un factor de riesgo para el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos de la extremidad superior y a su vez el trabajo exigente del mismo segmento corporal elevaría mayormente el %CC respecto a otras partes del cuerpo exigidas.

Palabras clave: Carga física, trastornos musculoesqueléticos, frecuencia cardíaca, ergonomía, factores humanos.

Abstract: The aim of this study was to quantify the cardiovascular load (CC) in an industrial sector and its relationship with musculoskeletal symptoms in the tyre manufacturing industry. Ninety-two male production workers aged between 24 and 62 years were studied. The results showed that, in the industrial sector studied, a physical effort equivalent to a CC of 24%, a significant correlation in time with wrist-hand complaints and the duration of each episode ($p < 0.05$). It can be concluded that there is a direct relationship with the work of the upper limbs, especially the most distal segment, so that a high cardiovascular load could be a risk factor for the development of MSDs of the upper limbs and, in turn, the demanding work of the same segment of the body would increase the %CC more than other parts of the body.

Keywords: Physical workload, musculoskeletal disorders, heart rate, ergonomics, human factors.

Recepción: 19.08.2024 / Revisión: 21.08.2024 / Aceptación: 27.08.2024

*Investigador independiente. Santiago, Chile. Correo electrónico: cristhian.mella@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8701-404X>

Introducción

La simpleza en la monitorización de la FC es que la convierte en la métrica preferida por muchos investigadores en el contexto laboral, ya que es que es fácil de controlar sin perturbar el desarrollo normal del trabajo. El trabajo físico pesado, las posturas incómodas, los movimientos repetitivos, las largas jornadas laborales y las horas extraordinarias son solo algunos de los muchos factores ocupacionales asociados a un aumento promedio de la Carga Cardiovascular (CC) (Zhang et al., 2020).

El monitoreo del ritmo cardíaco se utiliza para medir la intensidad del trabajo realizado (Fernández, 2011), calculando un porcentaje de su frecuencia cardíaca de reserva y como resultado se obtiene una clasificación de la intensidad del trabajo, reflejado en el porcentaje de la CC (Ministerio del Trabajo y Previsión Social, 2010). Este método se basa en la existencia de una relación entre la frecuencia cardíaca y el gasto energético dentro de un rango de actividades que se traducen en frecuencias cardíacas habituales, observadas en la vida cotidiana (Frankenfield et al., 2005). Se conoce que un aumento progresivo de la frecuencia cardíaca, hasta los 170 latidos por minutos, posee un comportamiento lineal en relación al aumento del consumo de oxígeno (Mondelo et al., 2000). Estudios fisiológicos y recomendaciones de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sugieren que el promedio de la CC durante una jornada laboral de 8 horas no debe superar el 30% (Wu & Wang, 2002).

El origen de los TME es complejo porque en su desarrollo intervienen la acción directa e indirecta de múltiples aspectos, como los factores individuales, biomecánicos, psicosociales y laborales (Leite et al., 2021), en este sentido, es relevante conocer los posibles factores de riesgo para el desarrollo de estos trastornos en los diferentes rubros profesionales para permitir el establecimiento de acciones estratégicas y de prevención de los TME (Dianat et al., 2020).

Los ergónomos han desarrollado una amplia gama de métodos de evaluación de riesgos que son ampliamente considerados por los profesionales de la salud, además de ser miembros de una "profesión que aplica la teoría, los principios, los datos y los métodos al diseño con el fin de optimizar el bienestar humano y el rendimiento general del sistema" (Asociación Internacional de Ergonomía, 2021). La salud musculoesquelética es, por tanto, un área de vigilancia muy relevante para que los empresarios midan y mejoren potencialmente para garantizar costes mínimos de ausentismo y presentismo en el futuro (Briggs et al., 2021).

El objetivo de este estudio es cuantificar la carga cardiovascular y su relación con la sintomatología musculoesquelética en la industria manufacturera. Para ello se realizarán monitoreo de carga cardiovascular en dos puestos de trabajo en la industria junto con la aplicación del cuestionario Nórdico estandarizado.

Materiales y métodos

Participantes

Un total de 92 sujetos consintieron por escrito su participación voluntaria, correspondiente a la dotación operativa, todos de sexo masculino, pertenecientes a la industria manufacturera de neumáticos. La población fue definida por los siguientes criterios:

- Criterios de inclusión: Hombres entre 24 y 62 años, que cumplieran turnos laborales de 6 x 2 rotativos (mañana - tarde - noche), llevarán más de 2 años en el área, cumpliendo funciones de operario de producción.
- Criterios de exclusión: Sujetos con cargos de supervisión, jefatura o control de calidad, no trabajar en sistema de turnos, experiencia menor a dos años en el cargo, presentar licencia médica por más de 90 días culminada dentro de los últimos 3 meses, sujetos que en la primera fase presenten valores de hipertensión arterial.

Primera fase: Entrevista y evaluación médico ocupacional

En orden aleatorio, según rotativa de turnos fueron citados cada uno a la clínica de fábrica, mediante una entrevista se conocieron los antecedentes personales y sociodemográficos de cada participante. A través de la evaluación médico ocupacional se les registró peso, talla y circunferencia de cintura, luego de 15 minutos de reposo, los parámetros de Frecuencia Cardíaca (FC) y Presión Arterial (PA).

Segunda fase: Análisis de síntomas musculoesqueléticos

La sintomatología de TME de cada individuo se pesquisó entregándoles un cuestionario autoaplicable junto a una explicación verbal, Cuestionario Nórdico Estandarizado (Kuorinka et al., 1987) con sus respectivas instrucciones escritas como recordatorio.

El Cuestionario Nórdico concentra sus preguntas en los síntomas que se encuentran con mayor frecuencia en los trabajadores que están sometidos a exigencias físicas, especialmente aquellas de origen biomecánico. El propósito del cuestionario es la detección simple, a partir de la percepción del encuestado, debido a la presencia de dolor, molestias o discomfort y el impacto funcional de éstos; permitiendo un análisis profundo respecto al impacto laboral de dichas molestias Estandarizado (López-Aragón et al., 2017).

Tercera fase: Evaluación de la carga cardiovascular

Con el propósito de evaluar la Carga Cardiovascular (CC), los participantes fueron citados al inicio de un turno, para instalar un sensor óptico tipo brazaletes en el tercio medio del brazo no dominante para registrar su FC durante el turno completo.

La CC representa el porcentaje en el cual aparece comprometida la Frecuencia Cardíaca de Reserva (FCR) por la diferencia entre la media de la frecuencia cardíaca registrada durante el trabajo (FCT) y la frecuencia cardíaca observada durante el reposo (FCrep). La FCR equivale a la diferencia entre la frecuencia cardíaca máxima (FCmax) y la FCrep. En términos aproximados, la FCmax corresponde a la diferencia numérica entre los 220 latidos por minuto y la edad en años del sujeto.

Esta relación se resume en la siguiente ecuación:

$$CC = \frac{FCT - FCrep}{FCR}$$

Materiales

- Tallímetro con báscula marca ADE, modelo M20/313/812, Alemania.
- Sensor óptico de FC, marca Polar, modelo OH1+, Finlandia.
- Esfigmomanómetro digital, marca Omron, modelo HEM-7120, Japón, con precisión de ±3 mmHg.

Análisis estadístico

La información recolectada fue almacenada en una base de datos Excel. Para el análisis estadístico de los datos se usó el paquete estadístico SPSS versión 25. Inicialmente se hizo un análisis exploratorio de cada una de las variables incluidas en el estudio para observar posibles inconsistencias y datos faltantes. En el análisis univariado se utilizaron métodos estadísticos descriptivos como media aritmética y desviación estándar para variables numéricas. Para el análisis bivariado se utilizaron pruebas de significación estadística paramétricas t de Student y correlación de Pearson, según cumplimiento de los criterios para su aplicación. Se estableció un nivel de significación estadística α=0,05. Un valor p menor de 0,05 fue considerado como diferencia estadísticamente significativa.

Resultados y discusión

La edad media de la población fue de 37 ± 8,7 años, en un rango de 30 y 62 años. La talla de los sujetos de estudio obtuvo una media de 173,4 ± 5,0 cm. El peso corporal medio de los participantes fue de 81,0 ± 8,7 kg. El índice de masa corporal fluctuó entre 18,3 y 28,7 kg/cm2.

La sintomatología musculoesquelética según resultados del cuestionario Nórdico se puede apreciar a continuación.

Tabla 1. Variable cuello.

	Durante su vida ¿ha tenido molestias?	¿Ha necesitado cambiar de puesto de trabajo?	¿Ha tenido molestias en los últimos 12 meses?	¿Ha recibido tratamiento por molestias en los últimos 12 meses?	¿Ha tenido molestias en los últimos 7 días?
	porcentaje	porcentaje	porcentaje	porcentaje	porcentaje
Sí	39,1	2,2	33,7	5,4	17,4
No	60,9	97,8	66,3	94,6	82,6
Total	100	100	100	100	100
¿Desde hace cuánto tiempo?					
	n		porcentaje		
No	53		57,6		

1-2 años	22	23,9
2-5 años	12	13
5 o más años	5	5,4
Total	92	100
¿Cuánto tiempo ha tenido molestias en los últimos 12 meses?		
	n	porcentaje
No	57	62
1-7 días	13	14,1
8-30 días	9	9,8
Más de 30 días	10	10,9
Siempre	3	3,3
Total	92	100
¿Cuánto dura cada episodio?		
	n	porcentaje
0	56	60,9
Menos de 1 hora	10	10,9
1-24 horas	15	16,3
1-7 días	8	8,7
1-4 semanas	1	1,1
Más de 1 mes	2	2,2
Total	92	100
¿Cuánto tiempo estas molestias le han impedido realizar su trabajo en los últimos 12 meses?		
	n	porcentaje
No	86	93,5
1-7 días	4	4,3
1-4 semanas	1	1,1
Más de 30 días	1	1,1
Total	92	100
Póngale nota a sus molestias entre 0 (sin molestias) y 5 (molestias muy fuertes)		
	n	porcentaje
0	52	56,5
1	10	10,9
2	16	17,4
3	10	10,9
4	3	3,3
5	1	1,1
Total	92	100

Tabla 2. Variable dorsolumbar.

	Durante su vida ¿ha tenido molestias?	¿Ha necesitado cambiar de puesto de trabajo?	¿Ha tenido molestias en los últimos 12 meses?	¿Ha recibido tratamiento por molestias en los últimos 12 meses?	¿Ha tenido molestias en los últimos 7 días?
	porcentaje	%	%	%	%

Sí	70,7	6,5	56,5	26,1	34,8
No	29,3	93,5	43,5	73,9	65,2
Total	100	100	100	100	100
¿Desde hace cuánto tiempo?					
	n		porcentaje		
No	30		32,6		
1-2 años	43		46,7		
2-5 años	10		10,9		
5 o más años	9		9,8		
Total	92		100		
¿Cuánto tiempo ha tenido molestias en los últimos 12 meses?					
	n		porcentaje		
No	34		37		
1-7 días	17		18,5		
8-30 días	18		19,6		
Más de 30 días	16		17,4		
Siempre	7		7,6		
Total	92		100		
¿Cuánto dura cada episodio?					
	n		porcentaje		
0	35		38		
Menos de 1 hora	12		13		
1-24 horas	22		23,9		
1-7 días	14		15,2		
1-4 semanas	6		6,5		
Más de 1 mes	3		3,3		
Total	92		100		
¿Cuánto tiempo estas molestias le han impedido realizar su trabajo en los últimos 12 meses?					
	n		porcentaje		
No	82		89,1		
1-7 días	6		6,5		
1-4 semanas	2		2,2		
Más de 30 días	2		2,2		
Total	92		100		
Póngale nota a sus molestias entre 0 (sin molestias) y 5 (molestias muy fuertes)					
	n		porcentaje		
0	34		37		
1	5		5,4		
2	10		10,9		
3	27		29,3		
4	15		16,3		
5	1		1,1		
Total	92		100		

Tabla 3. Variable hombro.

	Durante su vida ¿ha tenido molestias?	¿Ha necesitado cambiar de puesto de trabajo?	¿Ha tenido molestias en los últimos 12 meses?	¿Ha recibido tratamiento por molestias en los últimos 12 meses?	¿Ha tenido molestias en los últimos 7 días?
	porcentaje	%	%	%	%
Sí		2,2	34,8	9,8	26,1
No	48,9	97,8	65,2	90,2	73,9
Derecho	22,8				
Izquierdo	9,8				
Ambos	18,5				
Total	100	100	100	100	100
¿Desde hace cuánto tiempo?					
		n	porcentaje		
No		49	53,3		
1-2 años		28	30,4		
2-5 años		9	9,8		
5 o más años		6	6,5		
Total		92	100		
¿Cuánto tiempo ha tenido molestias en los últimos 12 meses?					
		n	porcentaje		
No		58	63		
1-7 días		11	12		
8-30 días		7	7,6		
Más de 30 días		13	14,1		
Siempre		3	3,3		
Total		92	100		
¿Cuánto dura cada episodio?					
		n	porcentaje		
0		54	58,7		
Menos de 1 hora		7	7,6		
1-24 horas		12	13		
1-7 días		12	13		
1-4 semanas		3	3,3		
Más de 1 mes		4	4,3		
Total		92	100		
¿Cuánto tiempo estas molestias le han impedido realizar su trabajo en los últimos 12 meses?					
		n	porcentaje		
No		82	89,1		
1-7 días		6	6,5		
1-4 semanas		2	2,2		
Más de 30 días		2	2,2		
Total		92	100		
Póngale nota a sus molestias entre 0 (sin molestias) y 5 (molestias muy fuertes)					

	n	porcentaje
0	53	57,6
1	5	5,4
2	16	17,4
3	9	9,8
4	6	6,5
5	3	3,3
Total	92	100

Tabla 4. Variable codo - antebrazo.

	Durante su vida ¿ha tenido molestias?	¿Ha necesitado cambiar de puesto de trabajo?	¿Ha tenido molestias en los últimos 12 meses?	¿Ha recibido tratamiento por molestias en los últimos 12 meses?	¿Ha tenido molestias en los últimos 7 días?
	porcentaje	%	%	%	%
Sí		2,2	26,1	5,4	21,7
No	64,1	97,8	73,9	94,6	78,3
Derecho	13				
Izquierdo	7,6				
Ambos	15,2				
Total	100	100	100	100	100
¿Desde hace cuánto tiempo?					
	n	porcentaje			
No	63	68,5			
1-2 años	19	20,7			
2-5 años	7	7,6			
5 o más años	3	3,3			
Total	92	100			
¿Cuánto tiempo ha tenido molestias en los últimos 12 meses?					
	n	porcentaje			
No	65	70,7			
1-7 días	10	10,9			
8-30 días	6	6,5			
Más de 30 días	10	10,9			
Siempre	1	1,1			
Total	92	100			
¿Cuánto dura cada episodio?					
	n	porcentaje			
0	64	69,6			
Menos de 1 hora	4	4,3			
1-24 horas	11	12			
1-7 días	7	7,6			
1-4 semanas	4	4,3			

Más de 1 mes	2	2,2
Total	92	100
¿Cuánto tiempo estas molestias le han impedido realizar su trabajo en los últimos 12 meses?		
	n	porcentaje
No	86	93,5
1-7 días	5	5,4
1-4 semanas	0	0
Más de 30 días	1	1,1
Total	92	100
Póngale nota a sus molestias entre 0 (sin molestias) y 5 (molestias muy fuertes)		
	n	porcentaje
0	64	69,6
1	4	4,3
2	11	12
3	11	12
4	0	0
5	2	2,2
Total	92	100

Tabla 5. Variable muñeca - mano.

	Durante su vida ¿ha tenido molestias?	¿Ha necesitado cambiar de puesto de trabajo?	¿Ha tenido molestias en los últimos 12 meses?	¿Ha recibido tratamiento por molestias en los últimos 12 meses?	¿Ha tenido molestias en los últimos 7 días?
	porcentaje	%	%	%	%
Sí		1,1	27,2	5,4	27,2
No	55,4	98,9	72,8	94,6	72,8
Derecho	14,1				
Izquierdo	3,3				
Ambos	27,2				
Total	100	100	100	100	100
¿Desde hace cuánto tiempo?					
	n	porcentaje			
No	50	54,3			
1-2 años	26	28,3			
2-5 años	9	9,8			
5 o más años	7	7,6			
Total	92	100			
¿Cuánto tiempo ha tenido molestias en los últimos 12 meses?					
	n	porcentaje			
No	55	59,8			
1-7 días	21	22,8			
8-30 días	5	5,4			

Más de 30 días	9	9,8
Siempre	2	2,2
Total	92	100
¿Cuánto dura cada episodio?		
	n	porcentaje
0	54	58,7
Menos de 1 hora	8	8,7
1-24 horas	17	18,5
1-7 días	8	8,7
1-4 semanas	3	3,3
Más de 1 mes	2	2,2
Total	92	100
¿Cuánto tiempo estas molestias le han impedido realizar su trabajo en los últimos 12 meses?		
	n	porcentaje
No	86	93,5
1-7 días	5	5,4
1-4 semanas	0	0
Más de 30 días	1	1,1
Total	92	100
Póngale nota a sus molestias entre 0 (sin molestias) y 5 (molestias muy fuertes)		
	n	porcentaje
0	56	60,9
1	4	4,3
2	14	15,2
3	12	13
4	4	4,3
5	2	2,2
Total	92	100

En la tabla 6 se observan los resultados de la evaluación de la carga cardiovascular.

Tabla 6. Carga cardiovascular de los puestos de trabajo evaluados.

Sector industrial	FCrep (lat/min)	FCT (lat/min)	FCmax (lat/min)	FCR (lat/min)	CC (%)
Prensa	68 ±8,7	94 ±10,8	178 ±8,7	110 ±14,5	24 ±6
Molde	62,6 ±11,9	92,9 ±12,3	182,5 ±6,4	119,9 ±14,4	25,2 ±6,1

Discusión

Los segmentos corporales mayormente reportados con molestias son la columna vertebral completa (cuello y dorsolumbar) y la región del hombro. Más del 50% de los participantes de este estudio ha presentado dolor lumbar en el último año, esto tiene relación con la estadística mundial la cual describe que en los países occidentales el 70 - 80 % de la población padece dolor lumbar en algún momento de su vida y se convierte en la principal causa de restricción de movilidad, discapacidad a largo plazo y disminución de la calidad de

vida y por ende, en una de las principales causas de ausentismo laboral y de consulta médica en los servicios de traumatología. Todo ello sitúa al dolor lumbar como la condición mecánica más cara y la primera causa de discapacidad laboral de origen musculoesquelético y segunda causa de discapacidad laboral general por detrás de las infecciones respiratorias (Casado-Morales et al., 2008). En segundo lugar, con más del 33% está la región del cuello y hombro, por su estrecha relación anatómica, es esperable que compartan un reporte similar de dolencias musculoesqueléticas.

Al evaluar la CC, esta solo representa el 24% ($\pm 8,1$) de compromiso de la FCR, por lo tanto, en términos globales los esfuerzos físicos no superan la barrera del 40%, necesaria para ser considerada la tarea evaluada como pesada (Ministerio del Trabajo y Previsión Social, 2010).

Estas variables también permiten calcular el tiempo máximo durante el cual un individuo puede mantener una carga de trabajo específica sin fatigarse, conocido como Tiempo Máximo de Trabajo Aceptable (MAWT). Esta medida difiere del tiempo máximo de trabajo voluntario o tiempo de agotamiento. Una vez establecido el MAWT, la carga de trabajo realizada se considera aceptable para ese período (Wu & Wang, 2002). De acuerdo con este método, para una jornada laboral de 8 horas, el límite de carga de trabajo corresponde al 24,3% de la CC, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{MAWT} = 26.12 \times e^{-74.81 \times \text{RHR}}, R^2=0.87$$

Garatachea refiere que la frecuencia cardíaca es la variable fisiológica más fácil de monitorizar en el campo y por lo tanto es más utilizada para monitorizar la energía gastada. Su principal utilidad es la de poder ser usada en diferentes ámbitos y no solo en el laboratorio, por lo tanto, es un método de gran aplicabilidad a la medición de la actividad laboral (Garatachea et al., 2009).

No existen diferencias significativas ($p > 0,05$) de la CC entre ambos sectores industriales. Sí se encontró una relación estadísticamente significativa ($p < 0,001$) para la CC y las molestias en el segmento muñeca-mano de las extremidades superiores. Según aumenta la CC, aumenta el tiempo con molestias y la duración de cada episodio con dolor en este segmento corporal. Esto puede ser explicado que la fatiga muscular se presenta más rápido en los miembros superiores que en los inferiores, así mismo la concentración de lactato en sangre. La respuesta cardiorrespiratoria es diferente según los segmentos corporales utilizados. El costo fisiológico es mayor para los miembros superiores que para los miembros inferiores cuando se trabaja con una carga máxima o submáxima definida (Aminoff et al., 1998). Para el resto de las variables (segmentos corporales) evaluados en el cuestionario Nórdico, no se encontró relación significativa ($p < 0,05$) entre ellos y la CC de los sujetos estudiados.

Conclusiones

El estudio mostró que la CC tiene relación directa con la frecuencia de dolores musculoesqueléticos en el segmento muñeca-mano, junto con la duración de sus episodios de molestia, cuando hay esfuerzo físico asociado a manipulación de cargas, pero para este estudio la CC no superó el límite, al hacerlo, puede ser un factor de riesgo para EESS, según la relación demostrada.

En términos generales el sector industrial evaluado presenta periodos de recuperación suficientes para que los trabajadores no eleven más aun la FCT, aun teniendo esfuerzos críticos, como el levantamiento de las cargas, esto termina siendo puntual y no una actividad sostenida durante la jornada, pero en relación con el MAWT se aprecia que superando el límite recomendado es posible encontrar sintomatología musculoesquelética en los trabajadores.

El uso de cuestionarios para una evaluación inicial de los peligros y de los niveles de síntomas de TME, seguido de la opinión de los trabajadores sobre los resultados, puede identificar los "peores" peligros y en correlación con la evaluación del %CC constituye una herramienta práctica para evaluar una duración aceptable de trabajo que implique principalmente un esfuerzo muscular de las extremidades superiores, especialmente del segmento muñeca-mano.

Referencias

- 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*, 109-120.
- Briggs, A. M., Huckel Schneider, C., Slater, H., Jordan, J. E., Parambath, S., Young, J. J., Sharma, S., Kopansky-Giles, D., Mishrra, S., Akesson, K. E., Ali, N., Belton, J., Betteridge, N., Blyth, F. M., Brown, R., Debere, D., Dreinhöfer, K. E., Finucane, L., Foster, H. E., Gimigliano, F., ... March, L. (2021). Health systems strengthening to arrest the global disability burden: empirical development of prioritised components for a global strategy for improving musculoskeletal health. *BMJ Global Health*, *6*(6), e006045. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2021-006045>
- Casado-Morales, M., Moix-Queralto, J., Vidal-Fernandez, J. (2008). Etiología, cronificación y tratamiento del dolor lumbar. *Clínica y Salud*, *19*(3), 379-392.
- Dianat, I., Afshari, D., Sarmasti, N., Sangdeh, M.S., Azaddel, R. (2020). Work posture, working conditions and musculoskeletal outcomes in agricultural workers. *International Journal of Industrial Ergonomics*, *77*, 102941. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2020.102941>
- Fernández, M. (2011). *La carga física de trabajo*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. <https://www.insst.es/documents/94886/524420/La+carga+f%C3%ADsica+de+trabajo/9ff0cb49-db5f-46d6-b131-88f132819f34>
- Frankenfield, D., Roth-Yousey, L., Compher, C., & Evidence Analysis Working Group. (2005). Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review. *Journal American Diet Association*, *105*(5), 775-789.
- Garatachea, N., Molinero, O., Martínez-García, R., Jiménez-Jiménez, R., González-Gallego, J., & Márquez, S. (2009). Feelings of well being in elderly people: relationship to physical activity and physical function. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, *48*(3), 306-312. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2008.02.010>
- Kuorinka, I., Jonsson, B., Kilbom, A., Vinterberg, H., Biering-Sørensen, F., Andersson, G., & Jørgensen, K. (1987). Standardised nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Applied Ergonomics*, *18*(3), 233-237. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(87\)90010-X](https://doi.org/10.1016/0003-6870(87)90010-X)
- Leite, W. K. D. S., Araújo, A. J. D. S., Norte da Silva, J. M., Gontijo, L. A., Vieira, E. M. A., Lopes de Souza, E., Colaço, G. A., & Bueno da Silva, L. (2021). Risk factors for work-related musculoskeletal disorders among workers in the footwear industry: a cross-sectional study. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, *27*(2), 393-409. <https://doi.org/10.1080/10803548.2019.1579966>
- López-Aragón, L., López-Liria, R., Callejón-Ferre, Á. J., & Gómez-Galán, M. (2017). Applications of the Standardized Nordic Questionnaire: A Review. *Sustainability*, *9*, 1514. <https://doi.org/10.3390/SU9091514>
- Ministerio del Trabajo y Previsión Social. (2010). *Guía para la evaluación de trabajo pesado*. Santiago.
- Mondelo, P. R., Gregori, E., & Barrau, P. (2000). *Ergonomía 1. Fundamentos*. Alfaomega edición UPC.
- Wu, H. -C., & Wang, M. -J. J. (2002). Relationship between maximum acceptable work time and physical workload. *Ergonomics*, *45*(4), 280-289. <https://doi.org/10.1080/00140130210123499>

Zhang, Y., Weaver, R. G., Armstrong, B., Burkart, S., Zhang, S., & Beets, M. W. (2020). Validity of Wrist-Worn photoplethysmography devices to measure heart rate: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 38(17), 2021-2034. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1767348>



Todos los contenidos de la revista **Ergonomía, Investigación y Desarrollo** se publican bajo una [Licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) y pueden ser usados gratuitamente, dando los créditos a los autores y a la revista, como lo establece la licencia