

EFFECTO DE UNA INTERVENCIÓN SOBRE LA CARGA FÍSICA DURANTE EL PROCESO DE COQUIZACIÓN EN UNA EMPRESA DE COLOMBIA

RESUMEN

Se realizó estudio cuasi experimental con el fin de comparar el efecto sobre la carga física de una intervención tecnológica y en la organización del trabajo en trabajadores en el cargo de horneros en la tarea de extracción de coque en Colombia. Se midió la carga física mediante frecuencia cardiaca e índice de costo cardiaco relativo en una población de trabajadores expuestos (37) y no expuestos (66) a una intervención tecnológica. La monitorización de la frecuencia cardiaca se realizó con 7 pulsímetros Polar RS 800cx debidamente calibrados. Las variables numéricas se describieron con base en la media aritmética, su desviación estándar, y el rango. Para evaluar la diferencia entre las medias de los grupos con respecto a la frecuencia cardiaca en reposo, media, máxima, índice de costo cardiaco relativo, gasto energético de trabajo se aplicó análisis de varianza de una vía. Se estableció a priori un nivel de significación estadística $\alpha = 0,05$. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el comportamiento de la frecuencia cardiaca media, frecuencia cardiaca máxima e índice de costo cardiaco relativo, entre los grupos de estudio. Se concluyó que este estudio valida la frecuencia cardiaca como una variable sensible para la medición del riesgo por carga física y a su utilidad en la evaluación intervenciones ergonómica. El estudio demostró que la intervención ergonómica logró controlar la carga física con una disminución significativa la frecuencia cardiaca, en el grupo de intervención.

PALABRAS CLAVES: Frecuencia cardiaca, tecnología, fatiga, carga física de trabajo.

ABSTRACT

A quasi-experimental research was done aiming to compare the effects between the physical workload of the technological intervention and the organization at work of the oven workers who are responsible for the coking coal extraction in Colombia. The physical workload was measured through the heart rate, and the relative cardiac cost among a group of exposed (37), and unexposed workers (66) to a technological intervention. The heart rate monitoring was performed with 7 properly calibrated heart rate monitors Polar RS800CX. The numerical variables were described based on the arithmetic mean, the standard deviation, and the range. The difference among the means of the groups with respect to the resting, average and maximum heart rate, the relative cardiac cost, and the energy expenditure at work was evaluated using the one-way analysis of variance. An a priori statistical significance level $\alpha = 0,05$ was established in the research. Several statistically significant differences were found out in the behavior of the average heart rate, the maximum heart rate, and the relative cardiac cost within the researched groups. The research has concluded that the heart rate is a valid sensitive variable for measuring the risk of the physical workload, and also, its importance in the evaluation of ergonomic interventions. In addition, this research demonstrated that the technological intervention was able to control the physical workload with an important difference in the heart rate of the intervention group.

KEY WORDS: heart rate, technology, fatigue, physical workload.

INTRODUCCION

Uno de los problemas que las empresas enfrentan a diario en el campo de la salud ocupacional y que son evidenciados en aspectos como enfermedades relacionadas con el trabajo, cambios administrativos por reemplazos de personal, altas tasas de ausentismos generadas por enfermedad general, accidentes de trabajo, enfermedad profesional y que a su vez afectan los niveles de producción son los denominados traumas acumulativos o desordenes osteomusculares relacionados con el trabajo, los cuales son una familia de trastornos de músculos, tendones, articulaciones y nervios que son causados , acelerados o agravados por movimientos repetitivos del cuerpo, sobre todo cuando estos se realizan sobre posturas prolongadas, forzadas o antigravitacionales, combinados con otros factores de riesgo de carga física como son los requerimientos de fuerzas superiores al individuo, en ambiente y condiciones de trabajo que pueden empeorar este problema. (Rueda, 2005).

Se han propuesto cerca de 15 variables fisiológicas para la evaluación de la Carga física de trabajo, la mayoría de los autores coinciden que la potencia aeróbica o consumo de oxígeno (VO_2) es el mejor indicador para determinar la capacidad y la carga física dinámica de un trabajo. Bugajska, Makowiec-Dabrowska, Jegier, & Marszalek A. (2005) afirman “La disminución en el VO_2 Max con la edad tiene una influencia significativa en la capacidad física para llevar a cabo un trabajo demostraron que la relación entre el consumo máximo de oxígeno (VO_2 Max) y la edad fue inversamente proporcional (p.156). Wu & Wang, (2002) afirman que “el VO_2 Max disminuye en los hombres el 0,40 ml/kg/min por año, y el 0,44 ml/kg/min en

mujeres”. (p.5). Carta & Aru, (2001) al evaluar la seguridad de un trabajo teniendo en cuenta la carga física laboral, encontraron que las mediciones de frecuencia cardiaca (FC) reflejan la respuesta física del trabajador ante esfuerzos, obteniendo el tiempo máximo de trabajo aceptado, que es considerado como la duración máxima de tiempo en la cual un individuo puede mantener una carga laboral dada sin llegar a la fatiga. (P.5). Aminoff, T., Smolander, J., Korhonen, O. & Louhevaara, V, (1998) utilizaron la medición del VO₂, el ritmo cardiaco (RC) y el índice subjetivo de esfuerzo percibido (EPR); los resultados indican un “mayor aumento en el RC y el RPE durante el ejercicio a nivel del brazo, y una mayor tensión fisiológica con el tiempo durante el ejercicio realizado por el grupo de músculos pequeños en el brazo, por lo tanto es preferible realizar una tarea de trabajo físico con un músculo de masa tan grande como sea posible e implementar pausas de descanso más largas cuando se trabaje preferiblemente con miembro superior”. (p115).

Chen & Lee (1998) afirmaron que “el consumo de oxígeno y la frecuencia cardiaca aumentaron de forma lineal con la carga de trabajo, como resultado de la aplicación de pruebas en la que se incrementó la carga de trabajo en personas sanas” (P.29). Arngrimsson, Stewart, Borrani, Skinner, & Cureton, (2002) “En su estudio para evaluar los efectos de la carga de trabajo, en trabajos estáticos y dinámicos, encontró que el ritmo cardiaco es sensible al aumento de la carga tanto dinámica y como estática” (p.1165).

En el estudio sobre la relación de la frecuencia cardiaca con el porcentaje de VO₂ máximo durante el ejercicio submáximo en ambiente caluroso, Zhang, (1999) concluyó que “la elevación de la frecuencia cardiaca durante el ejercicio submáximo en el calor está relacionado, con el

aumento del pico de % VO_2 utilizado”. (P.49). Ariza & Idovro, (2005) mostraron “que los individuos quienes presenten un incremento menor de la frecuencia cardiaca serán más aptos para desarrollar la tarea”. Criterio que permite usarse en la selección y ubicación del trabajador. (p.150).

Los efectos de la carga física se concentran principalmente en la generación de la fatiga muscular, Bos, Mol, Visser & Frings-Dresen, (2004) concluye que “la carga máxima de las tareas de alta energía puede conducir a una fatiga excesiva, en las personas expuestas a demanda energética, es necesario el desarrollo de los procedimientos de selección física y ajuste del lugar de trabajo” (p 448). Danuta & Krzysztof, (2005) determinó que “la carga de trabajo constante causa fatiga muscular mayor que en cargas intermitentes, sugiriendo que existen otros factores biomecánicos que influyen la carga física y la fatiga muscular” (p 52), situación que puede evitarse o disminuirse considerando el puesto y proceso de trabajo a la hora de diseñarse.

Existen otros indicadores para evaluar carga física de un trabajo. Velásquez (2006). El índice de costo cardiaco relativo (ICCR) valora el costo en latidos por minuto al realizar una actividad desde el reposo, los criterios de Frimat valoran y califican la carga de trabajo con base en la frecuencia cardiaca (FC). (p156). Velásquez, Cornejo & Ospina, (2011) afirman que “más del 50% de los trabajadores que aplican plaguicidas por aspersión presentaron sobrecarga física entre penosa y extremadamente dura según el índice de penosidad de Frimat, y en todos los trabajadores sin excepción la barrera de gasto energético (BGE) apareció antes de concluir la jornada laboral, lo que da cuenta de la severidad de la carga metabólica de la tarea y evidencia el alto riesgo por sobrecarga física. (p.71). A su vez, evaluaron la carga física en estibadores en

tareas como desplazamiento manual de cargas usando el índice de penosidad de Frimat. Arango, Zapata & Estrada, (2011) concluyeron que “las tareas de arrumador, desarrumador son los de mayor exposición obteniendo puntajes entre soportable-penoso y extremadamente duro por alta demanda de esfuerzo físico” (p.60).

Roja, Kalkis, Vain, Kalkis & Eglite, (2006) utilizaron la medición del VO_2 , el ritmo cardiaco (RC) y el índice subjetivo de esfuerzo percibido (EPR); los resultados indican un mayor aumento en el RC y el EPR durante el ejercicio a nivel del brazo, y una mayor tensión fisiológica con el tiempo durante el ejercicio realizado por el grupo de músculos pequeños en el brazo, “concluyen que es preferible realizar una tarea de trabajo físico con un músculo de masa tan grande como sea posible e implementar pausas de descanso más largas cuando se trabaje preferiblemente con miembro superior”.(p.7).

Velásquez, Sánchez & Ramírez, (2010) evidenciaron que el uso de la tecnología tiene impacto sobre la carga física. Afirman en un estudio sobre el impacto de una intervención tecnológica sobre la carga de trabajo en trabajadores que manipulan rollos de papel “demostró la reducción significativa de las variables de carga física al implementar dicha intervención”. Díaz & Velásquez, (2009), a través del estudio realizado en operarios de horno de coquería concluyen que la coquería y dentro de ella los horneros son las áreas de mayor exposición a carga física según estadística de medicina y fisioterapia, medidos a través de consulta médica general y Terapia física, estas áreas presentan mayor número y gama de desórdenes músculo esqueléticas. En un ensayo dos trabajadores simularon una banda de transporte del coque, con

la cual se eliminaría la tarea de trinchado. La mayor disminución de la carga física se observó en este grupo de ensayo.

Kumar, (2001) Concluye que todos los desórdenes musculoesqueléticos tienen una base biomecánica en su origen y presenta cuatro teorías para explicar el origen de los DOM: La teoría de Acción Multi-variada donde expone que el trastorno mecánico de un sistema biológico depende de componentes individuales y sus propiedades mecánicas, los cuales son causalmente afectados por la genética, características morfológicas, aspectos psicosocial y riesgos laborales. Teoría de fatiga diferencial: las lesiones se explican por desequilibrio y asimetría en actividades laborales creando fatigas diferenciales y de ese modo desequilibrio cinético y cinemático que precipita la aparición de lesiones.

La teoría de Carga acumulativa que sugiere un rango de carga y un producto de repetición más alto que no permite la recuperación de los tejidos dejando carga residual que precipita a lesiones y finalmente la Teoría del Sobre-esfuerzo afirma que el exceso de esfuerzo precipita al límite de tolerancia de los tejidos y ocasiona las lesiones laborales locomotoras (p18). Estos factores etiológicos se ven reflejados en el comportamiento epidemiológico y la carga de la enfermedad laboral. Ministerio de la protección social afirma que en Colombia según el informe los diagnósticos que afectan el sistema músculo esquelético representan el 65% (777 casos) del total y fueron el 80% y el 82% del total de los casos diagnosticados de enfermedad profesional durante los años 2003 y 2004 respectivamente.

La encuesta Nacional de condiciones de Salud y Trabajo (2007) evidenció, que entre los factores de riesgo laborales más reportados se encuentran en todas las actividades económicas, las posiciones que puedan producir cansancio y dolor (72,5%), movimientos repetitivos (84,5%), oficios con las mismas posturas (80.2%), levantamiento y/o movilización de cargas sin ayudas mecánicas (41,2%), La Organización Internacional del Trabajo (OIT) (citado por Piedrahita, 2002). Afirma que la manipulación manual es una de las causas más frecuentes de accidentes laborales con un 20-25% del total de los producidos. OMS (citado por Piedrahita 2002 calcula que en América labores que aumentan la carga física y los desórdenes musculo esqueléticos se relacionan con el trabajo manual, esta es la forma de trabajo más comúnmente usada actualmente en el sector minero. “Anónimo” (2007-2008). Datos estadísticos encontrado en una empresa del sector minero del centro y norte del país, muestran un alto índice de accidentalidad entre el año 2007 y 2008 donde se presentaron 176 y 215 accidentes de trabajo respectivamente con mayor frecuencia en el área de coquización con un 61.39% ocasionados en un 30,99 % durante la manipulación de herramientas, el 26,06% durante la ejecución del proceso más crítico de coquización. Las zonas del cuerpo más afectadas fueron la espalda en un 30% seguido de un 28,1% y 21,1% en miembros superiores e inferiores respectivamente.

La carga física de trabajo es un factor crítico en la génesis de desórdenes osteomusculares en el sector minero en general y en la coquería en particular. Esta como ha sido documentada puede ser controlada y prevenida mediante acciones tecnológicas, sin embargo no existen estudios en Colombia que demuestren objetivamente el efecto de estas acciones sobre la carga física y la productividad en los trabajadores y las empresas. Se hace necesario por lo tanto medir objetivamente el efecto de la intervención tecnológica sobre la carga física en el proceso de

horneo de carbón coque. Se requiere precisar si la utilización de un sistema mecánico de transporte permite controlar la fatiga eliminando un paso crítico de la tarea (el trinchado) el cual aísla parcialmente al hornero de los efectos del calor, disminuye la carga física dinámica y mejora las condiciones de la organización del trabajo, lo que favorecería la conservación de la salud del trabajador.

El conocimiento sobre el nivel de la capacidad física real es indispensable para crear condiciones seguras de empleo. Se hace necesario determinar si el tipo de exposición a las condiciones de trabajo podría conducir a la aparición de lesiones músculo-esqueléticas. Por lo tanto este estudio determina cuál es el efecto de una intervención tecnológica sobre la carga física en el cargo de hornero durante el proceso de coquización de una empresa en Colombia. Para tal efecto se evalúa la carga física de los trabajadores expuestos y no expuestos a una la intervención tecnológica y se compara el impacto de la intervención tecnológica sobre la carga física de los individuos.

MATERIALES Y METODOS

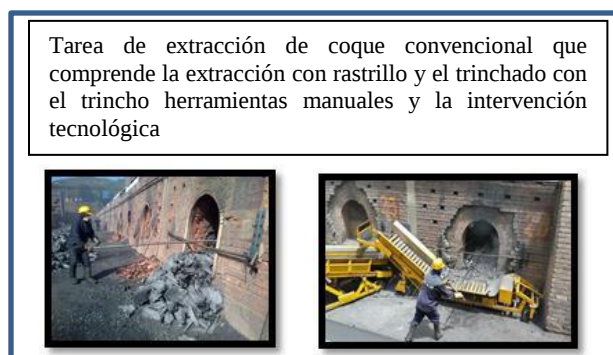
Se realizó un estudio cuasi experimental donde se midió la carga física en trabajadores que realizan extracción y trinchado de coque en hornos tipo colmena. El área de producción de coque cuenta con 300 operarios del género masculino quienes desempeñan actividad de deshorne por “destajo” de tres hornos diarios durante 8 horas laborales.

Para el estudio se seleccionó de forma intencional el tamaño de la muestra garantizando la participación de los operarios durante todo el desarrollo del estudio por lo tanto se seleccionaron aquellos trabajadores que cumplieran con el destajo de los tres hornos diarios principalmente. Adicionalmente que cumplieran con los siguientes criterios de inclusión.

Los criterios de inclusión fueron: operarios con más de 3 meses de antigüedad del género masculino, extracción de los tres hornos con jornada de trabajo diario habitual (8 h/día), no presentaron restricción médica al momento del estudio no padecer ninguna enfermedad cardíaca o respiratoria, incluyendo el resfriado común. Los criterios de exclusión fueron: operarios con menos de tres meses en el cargo, que reportara ausentismo en las últimas dos semanas, que no cumpliera con la extracción de los tres hornos en la jornada de trabajo diario habitual (8 h/día), que presentaron restricción médica al momento del estudio, con diagnóstico de enfermedad cardíaca o respiratoria, incluyendo el resfriado común.

Se realizaron en total 104 mediciones, se evaluaron 66 individuos no expuestos y 37 individuos expuestos. En todos los individuos se realizaron mediciones de la frecuencia cardíaca y el consumo calórico con un monitor de ritmo cardíaco POLAR S810 en reposo 10 minutos antes del inicio de la jornada laboral, durante el proceso de extracción de coque la frecuencia cardíaca media, la frecuencia cardíaca máxima del trabajo, se calculó el gasto energético promedio del trabajo en Kilocalorías por minuto, el índice de costo cardíaco relativo, se clasificó la severidad del trabajo y se estimó el riesgo por carga física dinámica.

La intervención tecnológica consistió en reemplazar mediante una banda de transporte la labor de trinchado.



Fuente: autora.

INSTRUMENTOS

La monitorización de la frecuencia cardiaca se realizó con 7 pulsímetros Polar RS 800cx debidamente calibrados.

Los trabajadores seleccionados se reunieron al inicio de la jornada laboral se explicó el objetivo del estudio, procedimiento y las pruebas a las que serían sometidos, posteriormente firmaron voluntariamente el consentimiento informado se procede a continuar con el estudio en campo. El estudio se clasificó como de riesgo mínimo según la legislación colombiana resolución 8430 de 1993.

PLAN DE ANÁLISIS

Para el procesamiento de la información se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 20.0. Las variables numéricas se describieron usando media aritmética, su desviación estándar y el rango.

Para evaluar la diferencia entre las medias de los grupos con respecto a la frecuencia cardíaca en reposo, media, máxima, índice de costo cardíaco relativo, gasto energético de trabajo se aplicó análisis paramétrico de varianza de una vía. Se estableció a priori un nivel de significación estadística $\alpha = 0,05$. Se realizó un segundo análisis tomando en ambos grupos aquellos trabajadores que se clasificaron en riesgo de sufrir fatiga (66 en el grupo sin intervención y de los 37 sujetos con intervención tecnológica se evidencia 14 con riesgo de sufrir fatiga).

RESULTADOS

La edad de los grupos bajo estudio fluctuó entre los 21 y 48 años con medias similares. Con respecto a la frecuencia cardíaca monitorizada se encontró diferencia estadísticamente significativa en frecuencia cardíaca media y máxima que permite evidenciar que es menor en el grupo con intervención.

Tabla 1.- Edad y frecuencias cardíacas según grupo de estudio

Variables	Grupo		Valor_p
	Sin intervención	Con intervención	
EDAD (años) n	66	37	0,943
Media $\pm$ D. estándar	32,1 $\pm$ 8,4	32,0 $\pm$ 5,0	
Rango	21– 48	23 – 48	
FC reposo	66	37	0,543
Media $\pm$ D. estándar	52,9 $\pm$ 5,2	52,2 $\pm$ 5,4	
Rango	41 – 66	41– 66	
FC media	66	37	0,000
Media $\pm$ D. estándar	110,4 $\pm$ 7,0	87,5 $\pm$ 8,4	
Rango	98 –132	76 – 109	
FC máxima	66	37	0,000
Media $\pm$ D. estándar	151,09 $\pm$ 15,6	130,8 $\pm$ 21,5	
Rango	101 – 183	85 – 169	

Fuente: Autora

Con respecto al gasto energético del trabajo (GET) e índice de costo cardíaco relativo (ICCR) se encontraron diferencias estadísticamente significantes entre los grupos bajo estudio. Permite evidenciar que aumenta en el grupo sin intervención tecnológica. (Tabla 2).

Tabla 2.- Gasto energético del trabajo e índice de costo cardíaco relativo según grupo de estudio

Variables	Grupo		Valor_p
	Sin intervención	Con intervención	
Kcal/min	66	37	0,000
Media $\pm$ D. estándar	8,2 $\pm$ 1,7	4,9 $\pm$ 1,3	
Rango	5,6– 12,9	3,0 – 8,8	
ICCR	66	37	0,000
Media $\pm$ D. estándar	50,1 $\pm$ 6,9	30,4 $\pm$ 7,7	
Rango	33– 71	21– 53	

Fuente: Autora

Los grupos bajo estudio se clasificaron según riesgo de sufrir o no fatiga por carga física durante la exposición al trabajo. Se evidencia 66 trabajadores (en el grupo sin intervención tecnológica) que corresponde al 100% con riesgo de sufrir fatiga por carga física del trabajo y de los 37 trabajadores resultaron 14 trabajadores (en el grupo con intervención tecnológica) que

corresponde al 37.8% en riesgo de sufrir fatiga por carga física del trabajo. Se evidencia diferencia estadísticamente significativa en el 100% del grupo que está en riesgo, con el grupo con intervención tecnológica reduce en un 62,2% el riesgo de sufrir fatiga por carga física del trabajo (Tabla 3).

Tabla 3.- Grupos con riesgo y sin riesgo de sufrir fatiga por carga física.

GRUPO	GRUPO	
	Sin intervención	Con intervención
CON RIESGO	100,0	37,8
SIN RIESGO	0	62,2
TOTAL	100,0 (n=66)	100,0 (n=37)

Chi-cuadrado = 52,822 valor_p =0,000

Fuente: Autora

DISCUSION

Los individuos bajo estudio se encuentran en un rango de edad entre los 21 y 48 años con una media entre los 31 y 32 años, población relativamente joven, esta población de acuerdo a la exigencia evaluada tendría por esta razón una mejor condición física para la realización del trabajo, como ha sido documentado por Bugajska et al. (2005). Esta actividad tendería a

seleccionar a los trabajadores a medida que envejecen, lo cual podría explicar el efecto del trabajo en la edad y su característica (joven) de la muestra estudiada.

La tarea de extracción de coque obedece a condiciones de trabajo dinámico con movimientos repetitivos que aumentan de forma sensible la frecuencia cardiaca. Este efecto sobre la frecuencia cardiaca que ha sido reportados por Chen & Lee, (1998). Documentan que el gasto energético e índice de costo cardiaco relativo se aumentan con el incremento de las cargas físicas. Este estudio mostró que en todos los casos la frecuencia cardiaca, media y máxima y el índice de costo cardiaco relativo en los trabajadores expuestos a trabajo dinámico en la extracción del carbón coque de los hornos tipo colmena fue alta y de riesgo, comparada con los trabajadores cuya exposición fue controlada por una intervención tecnológica. Este comportamiento nos permite afirmar que la frecuencia cardiaca respondió de forma directamente proporcional al incremento o disminución de la carga física. Velásquez & Díaz (2009) por medio de ensayos destacaron la disminución de la frecuencia cardiaca en trabajadores que simulaban un sistema mecánico en la extracción de carbón coque de hornos de coquización.

Las evaluaciones en los trabajadores no expuestos a la intervención ergonómica mostraron un gasto energético alto, una carga física alta, que incide como se documentó en la frecuencia cardiaca. Este comportamiento puede llevar a la generación de fatiga muscular, la cual a su vez puede ser controlada mediante la implementación de acciones tecnológicas, como lo demostró este estudio al establecer diferencias significativas en la carga física y el riesgo de fatiga por carga física en los grupos poblacionales estudiados (expuestos y no expuestos a una intervención) tecnológica. Resultados similares fueron señalados por Bos et al. (2004), quien

concluyó que la carga máxima de las tareas de alta energía puede conducir a una fatiga excesiva, a demanda en las personas expuestas energética y que por lo tanto es necesario el desarrollo de los procedimientos de selección física y ajuste del lugar de trabajo.

El efecto de la intervención tecnológica y organizacional en la tarea de extracción de coque sobre la carga de trabajo dinámico permitió alternar tareas donde se desarrollan cargas constantes con cargas menores e intermitentes lo cual disminuyó de manera significativa el riesgo de sufrir fatiga. Como lo sugirieron Danuta & Krzysztof (2005) al mostrar adicionalmente a la carga dinámica existen otros factores biomecánicos que influyen la frecuencia cardiaca y que se ven disminuidos con la implementación de un diseño o ajuste al puesto de trabajo. Este efecto aunque no se midió, también podría estar presente en la población estudiada a la cual se le expuso a la intervención ergonómica.

Un número importante de individuos en el grupo con intervención tecnológica que a pesar de esta, mostraron seguir en riesgo de sufrir fatiga, lo cual se podría explicarse por la probable participación de factores exógenos del puesto de trabajo como la exposición en ambientes calurosos, tal como ha sido documentado por Zhang, (1999), refiere que la frecuencia cardiaca es influenciada por el ambiente caluroso y la sudoración. Otro aspecto a considerar sería la asimetría en la manipulación de herramientas, y como lo menciona Rojas et al (2006), factores endógenos como la condición o preparación física, alimentación, antecedentes clínico; es decir que el efecto de la intervención ergonómica que no logra controlar totalmente el riesgo, adicionalmente es ayudado por la mejor condición física de los trabajadores en este sub grupo, tal como lo refiere Ariza & Idovro (2005) la frecuencia cardiaca de reposo es un indicador de

acondicionamiento físico, es decir los individuos con menor frecuencia cardiaca de reposo tienen una mejor condición física.

El efecto de la intervención tecnológica, evidencia que controla el riesgo de sufrir fatiga por carga física del trabajo, que a su vez permite predecir un tiempo máximo de trabajo aceptable del individuo, tal como lo ha demostrado Wu & Wang (2002) cuando afirman que se puede controlar el tiempo máximo de trabajo aceptado sin poner en riesgo al individuo.

Este estudio valida nuevamente la frecuencia cardiaca como una variable sensible para la medición del riesgo por carga física y a su utilidad en la evaluación intervenciones ergonómica, hecho que ya había sido documentado por Velásquez & Sánchez (2010), al medir el impacto de una intervención tecnológica en el sector papelerero mediante frecuencia cardiaca.

CONCLUSIONES

La tarea de extracción manual de coque es de carga física muscular alta, lo cual aumenta la frecuencia cardiaca de forma significativa. Debido a la alta carga física de trabajo en el cargo de horneros, se debe tener en cuenta la edad como un criterio de selección de los individuos y la frecuencia cardiaca de reposo, como un criterio de entrenamiento. Sin embargo se recomendaría realizar pruebas más específicas para determinar la capacidad física de los individuos.

El estudio señala o muestra que la implementación de sistemas tecnológicos y organizacionales en la industria de la extracción de carbón coque es un mecanismo eficiente para el control de la carga física a la que estén expuestos los trabajadores en este sector económico.

Existe un factor protector asociado fuertemente a la intervención tecnológica, la cual logra controlar el riesgo de sufrir fatiga por carga física en un 62,2% significa que los indicadores GET e ICCR demostrando que dicha intervención logra mitigar la severidad del riesgo.

La frecuencia cardiaca y específicamente el índice de costo cardiaco relativo es un indicador confiable para medición de intervenciones tecnológicas cuando el trabajo físico es predominantemente dinámico.

BIBLIOGRAFIA REFERENCIADA.

Arango., G., L, Zapata, H., D & Estrada, L., M. (2011) Valoración de carga física en estibadores de una Cooperativa de trabajo asociado, *Facultad Nacional de Salud Pública*, 2011, 29(1), 53-64

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

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

(1), pp: 109-120.

Arngrimsson, S., Stewart, D., Borrani, F., Skinner, K., & Cureton, K. (2002) Relation of heart rate to percent VO₂ peak during submaximal exercise in the heat. *J Appl Physiol*, sep 27 (94), pp: 1162-1168. <doi:10.1152/japplphysiol.00508.2002>.

Bos, J., Mol, E., Visser, B., & Frings-Dresen, M. (2004) The physical demands upon (Dutch) fire-fighters in relation to the maximum acceptable energetic workload. *Ergonomics*. mar 15, 47 (4), pp: 446-460.

Bugajska, J., Makowiec-Dabrowska, T., Jegier, A., & Marszalek, A. (2005) Physical work capacity (VO₂ max) and work ability (WAI) of active employees (men and women) in poland. *El Sevier*, International Congress Series, 1280, pp: 156-160
<doi:10.1016/j.ics.2005.03.001>.

Carta, P., & Aru, G. (2001) Incremental stress test: comparison between protocols and cardiorespiratory reference values in healthy workers. *Giornale italiano di medicine del lavoro ed Ergonomics*, jan-mar; 23 (1), pp: 5-11.

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.

Danuta, R., L. & Krzysztof, K., (2005) Differences in muscular activation and fatigue for

intermittent and constant load. *Occupational Ergonomics*, 5(1), pp: 41-56.

Díaz, H., & Velásquez, J., C., (2009). *Determinación de la carga física de trabajo mediante pulsometria en una planta de coque en el municipio de Cucunuba Cundinamarca*. (Tesis de especialización Medicina del Trabajo) Universidad del Rosario, Bogotá, D.C. Colombia.

Ministerio de Salud (2007) Encuesta Nacional de Condiciones de Salud y Trabajo en el Sistema General de Riesgos Profesionales. Recuperado de <http://www.minsalud.gov.co/Documentos%20y%20Publicaciones/Encuesta%20Nacional.pdf>

Ministerio de la Protección Social (2004). Informe de Enfermedad Profesional en Colombia 2001–2002. Recuperado de <http://www.istas.net/upload/Enf%20profesional%20Colombia.pdf>.

Kumar, Sharawan, (2001) Theories of musculoskeletal injury causation. *Ergonomics*, 44(1), pp: 17 – 47.

Piedrahita, L., H. (2004) Evidencias epidemiológicas entre factores de riesgo en el trabajo y los desórdenes músculo esqueléticos *Mapfre Medicina*, 15(1), pp: 212-221.

Roja, Z., Kalkis, V., Vain, A., Kalkis, H., & Eglite M. (2006) Assessment of skeletal muscle

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

Rueda, María., C. (2005) Capacitación carga física. Cali, Colombia. .

Velásquez, J., C. (2006) *Carga física en el trabajo Bases fisiológicas y metodológicas para su Estudio*. Seccional Pereira. pp 156-157, Editorial Universidad Libre.

Velásquez, J., C., Sánchez., C., & Ramírez., F. (2010) en el Décimo quinto convención Científica de ingeniería y arquitectura del 29 de noviembre al 3 de diciembre CUJAE Habana Cuba.

Velásquez, J., C., Cornejo, R. & Ospina, N. (2011) Carga física en trabajadores de un cultivo florícola de Suesca, Cundinamarca, *Momentos de ciencia*, 8(1), pp; 64-72.

Wu, Hsin-Chien & Wang Mao, J. (2002) Relationship between maximum acceptable work time and physical workload. *Ergonomic*, 45 (4), pp: 280-289.

.

Zhang Z. (1999) Prediction of metabolic costs, psychological Keeling and lifting workload limits for Chinese population. *Occupacional Ergonomics*, 2 (1), pp; 43-51.