

Capacidad de Manejo Manual de Carga de Trabajadores Chilenos: Pesos Máximos Aceptables para Tareas de Levantamiento

MANUAL HANDLING CAPABILITY OF CHILEAN WORKERS: MAXIMUM ACCEPTABLE WEIGHT FOR LIFTING TASKS

Víctor Córdova¹, Rodrigo Pinto², José Llambías³, Beatriz Chávez⁴

1. Ingeniero Civil Industrial. Master Ergonomía, Departamento de Ergonomía, Asociación Chilena de Seguridad ACHS.

2. Kinesiólogo, Diplomado en Ergonomía, Departamento de Ergonomía, Asociación Chilena de Seguridad ACHS.

3. Médico Especialista en Salud Ocupacional, Unilever Chile.

4. Tecnólogo Médico. Master Ergonomía, Coordinadora de Salud Ocupacional, Unilever Chile.

RESUMEN

Una de las estrategias fundamentales vinculada específicamente a la prevención del dolor lumbar es establecer límites de peso seguros, basados en las capacidades de manejo manual de carga de los trabajadores, y determinados a través de un enfoque que integre las demandas fisiológicas y biomecánicas de estas labores.

El objetivo de esta investigación fue determinar la capacidad de manejo manual de carga de una muestra de trabajadores, iniciando así una base de datos sobre límites de Peso Máximo Aceptable de Levantamiento de Carga (PMAL) de la población laboral chilena. Para ello se utilizó la metodología psicofísica y el respectivo protocolo técnico descrito en los trabajos de Snook y Ciriello (Ciriello 2007; Ciriello et al. 1993; Snook 1985; Snook y Ciriello 1991). Se utilizaron 3 frecuencias de levantamiento (4, 1 y 0,5 levantamientos/minuto). Se midió percepción del esfuerzo (Escala de Borg CR-10), frecuencia cardíaca y presión interdiscal ocupando el software 3D SSPP U. Michigan. El rango vertical de levantamiento fue suelo-nudillo. En total se efectuaron 36 pruebas (12 sujetos x 3 frecuencias).

El PMAL hallado experimentalmente en esta investigación es en promedio 25% inferior al reportado para población laboral masculina norteamericana y 5% superior al reportado en población oriental. Estos resultados sugieren la necesidad de aplicar un factor de corrección en las bases de datos publicadas por Snook y Ciriello (Snook y Ciriello 1991) o Mital y colaboradores (Mital et al. 1997), cuando se utilizan en Chile como criterio para diseñar y evaluar tareas de levantamiento de carga. Finalmente, los resultados de esta investigación confirman la pertinencia y factibilidad técnica de aplicar en Chile la metodología psicofísica para determinar capacidad de manejo manual de carga.

(Córdova V, Pinto R, Llambías J, Chávez B. 2009. Capacidad de Manejo Manual de Carga de Trabajadores Chilenos: Pesos Máximos Aceptables para Tareas de Levantamiento. *Cienc Trab.* Oct-Dic; 11 (34): 204-210)

Descriptores: LEVANTAMIENTO MANUAL DE CARGA, ESFUERZO FÍSICO, VALORES DE REFERENCIA, PSICOFÍSICA, TRABAJADORES, INDUSTRIA/RECURSOS HUMANOS, CHILE.

ABSTRACT

One fundamental strategy specifically associated with low back pain prevention is to establish safe weight limits, based on manual handling capability of workers and determined through an approach that integrates physiological and biomechanical demands of these tasks.

The objective of the research was to determine the weight manual handling capability of a sample of workers, thus initiating a database on maximum acceptable weight lifting limit of Chilean workers population. For this purpose psychophysical methodology and the respective technical protocol described in Snook and Ciriello works were used (Ciriello 2007; Ciriello et al. 1993; Snook 1985; Snook y Ciriello 1991). Three lifting frequencies were used (4, 1 y 0,5 lifting/minute). Effort perception was measured (Borg Scale CR-10), heart rate and interdiscal pressure using 3D SSPP U. Michigan software. The vertical range of lifting was ground-knuckle. A total of 36 tests were made (12 subjects x 3 frequencies).

MAWL found experimentally in this research was in average a 25% lower than the one reported for male American worker population and a 5% higher than the one reported in eastern population. These results suggest the need to apply a correction factor in the database published by Snook and Ciriello (Snook y Ciriello 1991) or Mital and collaborators (Mital et al. 1997), when used in Chile as a criterion for designing and evaluating weight lifting tasks. Finally the results of this research confirm the pertinence and technical feasibility for applying in Chile the psychophysical methodology for determining the weight manual handling capability.

Descriptors: MANUAL LIFTING TASKS; REFERENCE VALUES; PHYSICAL EXERTION; PSYCHOPHYSICS; WORKERS; INDUSTRY/MANPOWER; CHILE.

Correspondencia / Correspondence

Víctor Córdova.

Asociación Chilena de Seguridad. Departamento de Ergonomía.

Vicuña Mackenna 152. Providencia, Santiago, Chile.

Tel.: (56 2) 6582724.

e-mail: vcordova@achs.cl

Recibido: 3 de octubre de 2009 / Aceptado: 9 de noviembre de 2009

INTRODUCCIÓN

Problemas de salud asociados al manejo manual de carga

Los trastornos musculoesqueléticos siguen siendo uno de los problemas más importantes de salud ocupacional. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, constituyen una de las principales causas de ausentismo laboral en el mundo. Por otra parte, la Agencia Europea para la Salud y Seguridad en el Trabajo

los ha calificado como un área prioritaria de la salud ocupacional (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo 2007a; Luttman et al. 2003; Marras 2005; Waters 2004).

En los países industrializados, cerca de un tercio de los días laborales perdidos, relacionados con problemas de salud, se deben a trastornos musculoesqueléticos. El 60% de estos días se relacionan con problemas localizados en la espalda (Luttman et al. 2003).

En la Unión Europea (UE), el dolor de espalda es uno de los principales problemas de salud relacionados con el trabajo, que afecta al 23.8% de los trabajadores. Los datos de la IV Encuesta Europea sobre Condiciones de Trabajo, revelan que el 34.4% de los trabajadores transporta o desplaza cargas pesadas (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo 2007b). El costo económico para la UE oscila entre el 2.6% y el 3.8% del Producto Nacional Bruto.

En Estados Unidos, los trastornos musculoesqueléticos representan el mayor componente de los costos debidos a lesiones relacionadas con el trabajo. En un estudio realizado en el año 2001 por Bureau of Labor Statistics, se indica que el 42% de los días perdidos por estas lesiones se asocian con labores de levantamiento de carga (Waters 2004).

El problema musculoesquelético fundamental asociado al manejo manual de carga es el dolor lumbar, comúnmente llamado lumbago. Existe evidencia epidemiológica suficiente que demuestra la asociación entre dolor lumbar y estas labores (Barondess 2001; Bernard 1997; Dempsey 2006).

En Chile, para una muestra de más de 1.6 millones de trabajadores y 47 mil empresas, el diagnóstico de lumbago como diagnóstico único, en los últimos 8 años, se ha mantenido en el tercer lugar en frecuencia. Durante este periodo se reportaron en promedio más de 10 mil casos anuales. Asimismo, si se consideran todos los diagnósticos de trastornos musculoesqueléticos dorso-lumbares, donde el manejo manual de carga podría ser uno de los factores causales, los diagnósticos lumbago, desgarramiento paravertebral y dorsalgia constituyen el 97.3% de las lesiones. Por otra parte, el 80% de estos casos afecta a hombres y el 63.5% de las lesiones reportadas ocurren en trabajadores entre 25 y 44 años de edad (ACHS 2007).

Las tareas de manejo manual de carga están presentes en prácticamente todos los sectores de actividad económica chilena (agricultura, silvicultura, pesca, minería, manufactura, construcción, comercio y servicios). Respecto del riesgo dorso-lumbar, las tasas más altas, medidas en función de número de lesiones por cada 1000 trabajadores para el período 2004-2006, se localizan en los rubros de transporte-almacenaje-comunicaciones con 12.2; construcción con 10.9 y manufactura con 10.6 (ACHS 2007).

Límites de carga

Sólo hace unas pocas décadas atrás se pensaba que cierta cantidad de kilogramos de carga podía ser levantada de manera segura por hombres, mujeres o niños. Esta idea simple del problema se ha abandonado por muchas razones. Una de ellas es que las personas son diferentes; al menos en cuanto a talla, peso, fuerza y habilidades (Kroemer 1997).

Desde esta perspectiva, una estrategia fundamental vinculada específicamente a la prevención del dolor lumbar ha sido establecer límites de peso, basados en las capacidades de manejo manual de carga de los trabajadores (Chafin et al. 2006; Snook 1985).

En Ergonomía, se han ocupado 3 enfoques principales para el estudio de las tareas de manejo manual de carga, según se indica a continuación (Ayoub 1992; Mital et al. 1997):

- Enfoque biomecánico, cuyo objetivo es diseñar tareas que no excedan las capacidades del sistema musculoesquelético de los trabajadores.
- Enfoque fisiológico, cuyo objetivo es diseñar labores que no excedan las capacidades del sistema respiratorio y cardiovascular.
- Enfoque psicofísico, orientado a diseñar tareas que sean "aceptables" para los trabajadores que las ejecutan.

A nivel mundial, el enfoque psicofísico ha sido ampliamente utilizado para determinar la capacidad de manejo manual de carga en poblaciones específicas. La forma de cuantificar esta capacidad es la medición de los "límites de peso aceptables" (Ayoub y Dempsey 1999). Asimismo, la evidencia indica que los pesos máximos de levantamiento de carga determinados ocupando el enfoque psicofísico integran las demandas biomecánicas y fisiológicas impuestas por estas tareas (Karwowski y Ayoub 1984; Waters et al. 1993; Shoaf et al. 1997).

Criterios ocupados en Chile

En Chile aún no se han realizado estudios de naturaleza psicofísica para determinar límites de pesos aceptables, por lo que en las actividades propias de la prevención de riesgos y salud ocupacional tradicionalmente ha sido necesario ocupar datos obtenidos en poblaciones extranjeras. Sin embargo, esta práctica es cuestionable, pues la información publicada en normas y documentos técnicos de referencia (ej.: Snook y Ciriello 1991; Mital et al. 1997; ISO 2003; ISO 2007) está basada en estudios realizados en población caucásica de Europa y Norteamérica.

Al respecto, se han publicado investigaciones sobre el efecto del tipo de población en la capacidad de manejo de carga. Por ejemplo, los estudios revelan que la fuerza y capacidad de levantamiento de carga de la población oriental es significativamente inferior a la población occidental (Maiti y Ray 2004; Wu y Hsu 1993; Wu 2000; Wu 2008). En consecuencia, es necesario disponer de datos específicos aplicables en la población laboral chilena.

Justificación de esta investigación

Impacto en la salud ocupacional:

Se estima que en los países de occidente entre el 20% y el 25% de la población laboral activa ejecuta alguna labor de manejo manual de carga (Grieco et al. 1997). Esto significa que en Chile al menos un millón doscientos mil trabajadores podrían estar expuestos a estas labores. Ahora bien, puesto que cada caso de lumbago genera en promedio 7 días perdidos y se reportan en promedio más de 10 mil casos anuales, significa que a nivel nacional anualmente se pierden al menos 70 mil días de trabajo a causa de este problema (ACHS 2007).

Por otra parte, la evidencia indica que hasta 2 de cada 3 casos de lesiones lumbares podrían ser prevenidos si la tarea de manejo manual de carga es diseñada para acomodar al menos al 75% de la población laboral (Snook 1978). Este antecedente, que sigue siendo citado en la literatura técnica contemporánea internacional como parámetro para diseñar o evaluar tareas de esta naturaleza (Ciriello et al. 1993; Dempsey 2006; Liberty Mutual Insurance Company [USA] 2004; Waters et al. 1993), no se ha

podido llevar a la práctica en Chile, pues tampoco se conocen los límites de peso recomendados en función del percentil de población nacional protegida.

Impacto normativo en Chile:

El 5 de febrero del año 2005 fue publicada en el Diario Oficial la Ley N° 20.001 que regula el peso máximo de carga humana. Cuando el manejo manual de carga es inevitable y las ayudas mecánicas no pueden usarse, esta Ley establece como límite máximo 50 kilogramos para población masculina adulta. Asimismo, prohíbe estas labores para la mujer embarazada y fija un límite máximo de 20 kilogramos para menores de 18 años y mujeres.

Aunque la puesta en vigencia de esta Ley constituye un avance en materia de protección de la salud de los trabajadores, es importante destacar que los pesos señalados en ella constituyen "límites máximos legales", que no deben ser confundidos ni interpretados como "límites seguros" para la salud de los trabajadores. Esta investigación permitirá obtener datos nacionales para avanzar en este propósito.

Base de datos nacional sobre límites de peso aceptables:

El presente trabajo constituye el inicio de un proyecto de recolección de datos para conocer los límites de peso aceptables de la población laboral chilena, lo que contribuirá con la optimización de las normas nacionales vigentes sobre la base de información obtenida en investigación. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en una empresa del área industrial localizada en Santiago. Las etapas experimentales siguientes de este proyecto involucran evaluar a trabajadores pertenecientes a otras empresas chilenas.

Cambios seculares de la población:

Recientes estudios publicados por Ciriello y colaboradores (Ciriello et al. 2008) demostraron una reducción de los límites de peso máximo aceptables para tareas de levantamiento de carga, que estaría asociada con los cambios seculares de la población laboral norteamericana en las dos últimas décadas. Estos resultados cuestionan la validez de los datos originales reportados por Snook y Ciriello (Snook y Ciriello 1991). El presente proyecto apunta también en este sentido, en cuanto a que aportaría con antecedentes para validar la aplicabilidad de esta base de datos en población chilena.

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar la capacidad de manejo manual de carga de una muestra de trabajadores de una empresa del área industrial, iniciando así una base de datos nacional sobre límites de peso aceptables de la población laboral chilena.

Objetivos Específicos

- Determinar el peso máximo aceptable para tres tareas de levantamiento manual de carga ocupando el enfoque psicofísico.
- Evaluar los niveles de percepción del esfuerzo físico, exigencia biomecánica (compresión lumbar) y carga fisiológica en cada tarea.
- Comparar estos resultados con los datos publicados en la literatura internacional.

MÉTODO

Técnica de recolección de la información

En esta investigación se utilizó el enfoque psicofísico y el respectivo protocolo experimental descrito en los trabajos de Snook y Ciriello (Ciriello 2007; Ciriello et al. 1993; Snook 1985; Snook y Ciriello 1999). La psicofísica se ocupa de estudiar la relación entre un estímulo físico y su sensación. Ha sido aplicada con éxito a una gran variedad de problemas prácticos de salud ocupacional (escalas de sonoridad, brillo, esfuerzo físico, etc.). En este enfoque, dada una tarea de manejo manual de carga, el sujeto monitorea su percepción sobre su esfuerzo físico y ajusta el peso de la carga, hasta un nivel aceptable. Las otras variables de la tarea (frecuencia, alturas, distancias, etc.) son controladas por el investigador.

Los argumentos que justifican la aplicación de este enfoque se pueden encontrar en numerosas publicaciones de Ergonomía (Dempsey 2006; Gallagher et al. 1998; Snook 1985). Sin duda, una de las referencias más importantes es lo planteado por Ayoub y Dempsey (Ayoub y Dempsey 1999) en la edición especial de la revista *Ergonomics*, editada en honor al Dr. Stover Snook, uno de los principales investigadores de la psicofísica aplicada al manejo manual de carga (Ayoub y Dempsey 1999). En esta publicación se indica lo siguiente:

- El enfoque psicofísico aplicado al manejo manual de carga permite una razonable simulación del trabajo industrial.
- Los resultados son reproducibles.
- Los resultados se relacionan con el "dolor lumbar" en tareas de manejo manual de carga.
- Este enfoque se ha utilizado como fundamento de modelos ampliamente utilizados para calcular límites de peso recomendado en tareas de levantamiento de carga (Mital et al. 1997; Waters et al. 1993).
- Los pesos aceptables de levantamiento de carga determinados ocupando este enfoque integran las demandas biomecánicas y fisiológicas impuestas por estas tareas.

Sujetos

Se reclutaron 12 trabajadores industriales voluntarios de la empresa Unilever Chile, con un año o más de experiencia en labores de manejo manual de carga. Todos de sexo masculino, sanos y sin historia de episodios de trastornos musculoesqueléticos dorso-lumbares, al menos en su último año de trabajo.

El rango etario de los sujetos fue de 22 a 45 años, con una media de 30.4 años y desviación estándar (DE) de 8.04 años. La media del peso corporal fue 93.24 kg (DE = 12.52 kg) y la media de la estatura descalzo fue 173.3 cm (DE = 6.3 cm). La media de la antigüedad en la empresa realizando labores de manejo manual de carga fue 2.75 años (DE = .84 años).

Los sujetos fueron capacitados y familiarizados con el procedimiento experimental en una sesión de 2 horas, antes de la ejecución de las pruebas. Asimismo, los sujetos fueron instruidos en no ingerir alimentos, fumar, consumir bebidas gaseosas y evitar actividad física exigente al menos 2 horas antes de una sesión de recolección de datos.

Materiales y diseño experimental

Se utilizó un diseño aleatorio factorial para determinar el peso máximo aceptable para el levantamiento de carga (PMAL), ocupando un tamaño de contenedor, una distancia vertical de

desplazamiento de la carga y 3 frecuencias de ejecución de la tarea.

Se fabricó un contenedor de madera con perforaciones en cada costado a modo de asas, localizadas en el tercio superior de su dimensión vertical. Sus dimensiones externas son: largo = 45 cm, ancho = 34 cm y alto = 30 cm. El contenedor contenía un fondo falso que se ocupó para fijar un peso inicial en cada prueba (ver Imagen 1).

Imagen 1.

Diseño de contenedor utilizado en la etapa experimental.



El nivel de levantamiento fue desde el piso hasta los nudillos. La distancia vertical de desplazamiento de la carga se fijó en 68 cm (equivalente a la altura desde el piso hasta la cubierta de una mesa).

Las frecuencias que se ocuparon fueron: .5, 1 y 4 levantamientos por minuto. Para marcar la frecuencia en cada tarea, se ocupó un metrónomo (freeware) y un parlante conectado a un computador portátil. Para cada levantamiento, los sujetos utilizaron la técnica de “estilo libre”; definida como “aquella que sea más comfortable” (Snook 1985; Snook y Ciriello 1991).

Como resultado, se realizó un total de 36 pruebas experimentales (12 sujetos x 3 frecuencias). Se programaron 4 pruebas semanales, hasta finalizar la etapa experimental. Una misma persona ejecutó sólo una prueba semanal. Cada prueba tuvo una duración de 60 minutos, aproximadamente. Las pruebas fueron realizadas en las instalaciones de la empresa, en una habitación de 28 m² aislada del área de producción, en la cual las variables ambientales se mantuvieron en rangos confortables (Temperatura: 21 °C-23 °C y Humedad Relativa: 45-55%). Los sujetos ocuparon calzado de seguridad convencional y ropa de trabajo liviana durante la ejecución de las pruebas (jeans y camiseta manga larga).

Asimismo, se midieron características antropométricas de cada sujeto, incluyendo máxima fuerza isométrica de bíceps. Con el objetivo de evaluar la exigencia física percibida y estimar la exigencia cardiovascular, se medió el nivel de percepción del esfuerzo físico utilizando la Escala de Borg CR-10 (Gallagher et al. 1998) y la frecuencia cardiaca, respectivamente. Para cada prueba se estimó presión interdiscal L4-L5 ocupando el software 3D SSPP U. Michigan.

Procedimiento experimental

Una vez finalizada la sesión de capacitación y familiarización con el procedimiento experimental, se midieron las características antropométricas de cada sujeto. Concluido este proceso, se iniciaron las pruebas en los días programados.

De acuerdo al protocolo que se aplicó en esta investigación, en cada prueba cada sujeto fue instruido para “ajustar el peso del contenedor, hasta que éste represente la máxima carga que, de acuerdo a su percepción individual, podría levantar continuamente por un periodo de hasta 8 horas, sin sobre-exigirse o experimentar cansancio inusual, debilitarse, acalorarse o quedar sin aliento”. El texto completo de las instrucciones puede ser revisado en las publicaciones originales de los autores (Ciriello et al. 1993; Snook 1985).

Para cada tarea de levantamiento los sujetos variaron el peso del contenedor adicionando o sustrayendo barras de acero. A cada sujeto se le permitió realizar tantos ajustes del peso como estimó necesarios. Siguiendo el protocolo, estos ajustes se realizaron en un periodo de 40 minutos, dividido en 2 periodos de 20 minutos. En el primero de ellos se asignó aleatoriamente un peso inicial bajo (5 a 10 kg) o alto (15 a 20 kg); a partir de entonces el sujeto ajustó el peso de acuerdo a las instrucciones. Con el propósito de minimizar claves visuales, se ocupó el fondo falso del contenedor para disponer el peso inicial. Los sujetos fueron advertidos de la existencia de este fondo falso, pero nunca supieron el peso que contenía.

Al finalizar los primeros 20 minutos, el sujeto descansó 5 minutos en postura sentado. Luego inició el segundo proceso de ajuste, con otro peso inicial. Siguiendo el protocolo, si la variación de ambos pesos finales era menor que 15%, se registró el promedio de ambos. Sino, el resultado se descartó.

Al finalizar una prueba exitosa, se solicitó al trabajador realizar un levantamiento adicional para grabar en video la tarea. Este registro se ocupó para realizar el análisis biomecánico de compresión lumbar, ocupando el PMAL determinado en cada tarea y los datos antropométricos de cada trabajador. Asimismo, al finalizar cada prueba se midió la frecuencia cardiaca y luego se solicitó a cada sujeto evaluar su esfuerzo percibido ocupando la escala de Borg CR-10.

Análisis

Los datos obtenidos fueron analizados ocupando herramientas de estadística descriptiva. Se realizó análisis de la varianza (ANOVA y Contrastes Múltiples de Rango) para docimar hipótesis sobre significancia de las diferencias encontradas; comprobando también la pertinencia de utilizar esta prueba aplicando test de contrastes de la varianza (Test de Levene).

RESULTADOS

Características de los sujetos

La Tabla 1 presenta las características físicas y antropométricas de los sujetos evaluados.

Resultados experimentales

La Tabla 2 entrega los resultados de la media y desviación estándar del peso máximo aceptable de levantamiento (PMAL), la percepción del esfuerzo físico evaluada con la escala de Borg CR-10, la estimación de la compresión lumbar L4-L5 y el % de Carga Cardiovascular (% Carga Cardiovascular = F_{trabajo}

Tabla 1.

Características físicas y antropométricas de los sujetos evaluados (DE = Desviación Estándar).

Característica	Media (N = 12)	DE
Edad (años)	30.42	8.04
Peso (kg)	93.24	12.52
Estatura (cm)	173.28	6.27
IMC (kg/m ²)	28.45	3.71
Altura acromio-suelo (cm)	142.50	6.20
Altura codo-suelo (cm)	109.46	5.08
Altura nudillo-suelo (cm)	74.16	3.12
Altura rodilla-suelo (cm)	45.00	3.30
Máxima fuerza isométrica bíceps (kg-f)	41.39	5.99

Tabla 2.

Media y desviación estándar del peso máximo aceptable de levantamiento (PMAL), percepción del esfuerzo físico (Escala de Borg CR-10), compresión lumbar L4-L5 y porcentaje de carga cardiovascular para las tres tareas evaluadas.

Tarea N°	Frecuencia (levantamientos /min)	PMAL (kg)	Borg CR-10	Compresión L4-L5 (Newton)	% Carga Cardiovascular
1	.5	25.37 (3.25)	4.22 (.83)	4436.3 (514.4)	.71 (1.31)
2	1	21.06 (3.49)	3.39 (.78)	4168.2 (439.3)	1.71 (1.89)
3	4	17.20 (4.47)	3.89 (1.05)	3855.9 (554.1)	10.01 (6.69)

Nota: Los números entre paréntesis corresponde a la desviación estándar.

$FC_{\text{reposo}} / (FC_{\text{máx}} - FC_{\text{reposo}}) \times 100$. Donde FC = Frecuencia Cardíaca. $FC_{\text{máx}} = 220 - \text{edad en años}$ para cada una las tres tareas evaluadas.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Peso máximo aceptable de levantamiento (PMAL)

El análisis de la varianza (ANOVA) del peso máximo aceptable de levantamiento (PMAL) obtenido para cada una de las frecuencias de la tarea (ver Tabla 2) indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de estas tres variables ($p = .0005$). Por otra parte, la aplicación de la prueba de Contrastes Múltiples de Rango (menores diferencias significativas de Fisher LSD) revela que las tres medias son significativamente diferentes entre sí ($p < .05$). Según los datos obtenidos (Tabla 2), el PMAL disminuyó un 17% cuando la frecuencia aumentó desde un levantamiento cada 2 minutos hasta 1 levantamiento/min. Asimismo, el PMAL disminuyó un 18.3% cuando la frecuencia aumentó desde 1 levantamiento/min hasta 4 levantamientos/min. Estos resultados confirman la tendencia publicada en la literatura, en cuanto a que el PMAL disminuye significativamente al aumentar la frecuencia de ejecución de la tarea (Mital et al. 1997; Snook y Ciriello 1991).

Percepción del esfuerzo físico

El análisis de la varianza (ANOVA) de la percepción del esfuerzo físico, que fue evaluada ocupando una escala de 0 a 10 puntos (Escala de Borg CR-10), revela que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias obtenidas en las tres tareas ($p = .1620$). Este resultado confirma que los sujetos siguieron

adecuadamente las instrucciones del protocolo para ajustar el peso del contenedor, de modo que representara “la máxima carga que, de acuerdo a su percepción individual, podría levantar continuamente por un periodo de hasta 8 horas, sin sobre-exigirse o experimentar cansancio inusual, debilitarse, acalorarse o quedar sin aliento”.

Según la escala utilizada, la media total del esfuerzo físico percibido fue de 3.83 (DE = .93), la mediana fue 4 y la moda fue 3. El 100% de los sujetos calificó el esfuerzo realizado entre “Moderado” (valor numérico 3) y “Fuerte” (valor numérico 5). (La Escala de Borg CR-10, ocupa un valor numérico 10 para calificar un esfuerzo “extremadamente fuerte” y un valor numérico 0 –cero– para “ninguno en absoluto” [Gallagher et al. 1998]).

Comparación con estudios publicados en la literatura

En general, es difícil la comparación con estudios de naturaleza psicofísica realizados por otros investigadores para determinar PMAL, debido a la variación de las condiciones experimentales. En la Tabla 3 se presentan los resultados de una selección de investigaciones en las cuales se aplicó el mismo protocolo y se ocuparon condiciones experimentales similares a la investigación actual. Se privilegiaron aquellos trabajos de reciente publicación, además de las bases de datos de Snook y Ciriello (Snook y Ciriello 1991) y Mital y colaboradores (Mital et al. 1997).

Tabla 3.

Peso máximo aceptable para tareas de levantamiento (expresado en kg), publicados en distintas investigaciones.

Frecuencia (levantamientos /min)	Estudio actual	Snook y Ciriello 1991 ^a	Mital et al. 1997 ^a	Ciriello 2001	Ciriello et al. 2008	Wu 2008
.5	25.37 (3.25)	34	NR	NR	NR	NR
1	21.06 (3.49)	30	27	NR	NR	19.58
4	17.20 (4.47)	22	22	16.4 (4.8)	16.4 (6.7)	16.71

^a Se indica la mediana de los datos publicados.

NR = Datos no reportados en la publicación.

Los números entre paréntesis corresponden a la desviación estándar.

El análisis de estos datos revela que el peso máximo aceptable de levantamiento (PMAL) hallado experimentalmente en esta investigación es en promedio 25% inferior al PMAL reportado por Snook y Ciriello (Snook y Ciriello 1991) para población laboral norteamericana. Cabe destacar que la base de datos publicada por estos autores es una de las principales referencias ocupada internacionalmente como criterio para diseñar y evaluar tareas de manejo manual de carga. Se obtiene un resultado similar cuando se ocupa la base de datos publicada por Mital y colaboradores (Mital et al. 1997).

Por otra parte, la última columna de la derecha de la Tabla 3 corresponde a datos de población oriental (China); aunque sin experiencia en labores de manejo manual de carga. Un análisis global indica que el peso máximo aceptable de levantamiento (PMAL) hallado experimentalmente en la presente investigación es en promedio 5% superior al PMAL reportado en ese estudio.

Es interesante realizar una comparación entre lo hallado en la investigación actual y lo reportado recientemente por Ciriello y colaboradores (Ciriello et al. 2008) para población laboral norteamericana. En efecto, estos autores demostraron una reducción de los límites de peso máximo aceptables, que se explicaría por los cambios seculares de esta población en las dos últimas décadas. En consecuencia, estos resultados cuestionan la validez de los datos

originales publicados por Snook y Ciriello (Snook y Ciriello 1991). Incluso, se plantea la necesidad de realizar estudios que confirmen tales hallazgos. En este sentido, si se comparan estadísticamente los valores de PMAL en la frecuencia de 4 levantamientos/min, es decir 17.20 (4.47) kg versus 16.4 (6.7) kg; aplicando una prueba t-Student se obtiene que no existe diferencia significativa entre estos valores ($p < .01$). Se obtiene un resultado similar si la comparación se realiza con los datos reportados por Ciriello (Ciriello 2001) para esta misma frecuencia de levantamiento.

Carga biomecánica y bioenergética

La inspección de la Tabla 2 indica que la compresión lumbar se incrementa al aumentar el PMAL, como era esperable. El análisis ANOVA de estos datos revela que sólo existe diferencia significativa entre la compresión lumbar de las tareas ejecutadas a .5 y 4 levantamientos/min ($p < .05$).

Un criterio actualmente aceptado para diseñar una tarea de levantamiento manual de carga es que no se excedan los 3400 Newton de compresión discal (Criterio NIOSH), pues existe evidencia que demuestra que sobre este valor la incidencia de dolor lumbar aumenta un 40% respecto a labores menos exigentes ejecutadas por hombres adultos (Marras 2005; Waters et al. 1993). En términos absolutos, todos los niveles de compresión discal determinados en la presente investigación superan este valor de alerta. Por otra parte, Mital y colaboradores (Mital et al. 1997) proponen un límite de compresión lumbar de 3930 Newton que entrega un margen de seguridad de al menos un 30% para población masculina adulta. Aplicando este criterio a los datos de PMAL obtenidos en esta investigación, se deduce que este límite biomecánico se alcanza en el levantamiento de una carga superior a 17.20 kg, pero inferior a 21.06 kg. Asumiendo un comportamiento lineal de ambas variables, se puede estimar que se alcanza una compresión de 3930 Newton cuando la carga levantada es igual a 18 kg, aproximadamente.

Aunque no existe evidencia epidemiológica que demuestre específicamente una asociación fuerte entre fatiga física general y riesgo de lesiones dorso-lumbares (Barondess 2001; Bhattachara y McGlothlin 1996; Bernard 1997), es pertinente analizar brevemente la carga fisiológica asociada a los resultados de esta investigación. Como era esperable, el % de Carga Cardiovascular crece al aumentar la frecuencia de ejecución de la tarea, pasando desde .71% hasta 10.01% (ver Tabla 2). Generalmente se acepta que para valores sobre 30% de este indicador un trabajo puede ser considerado de "alta carga cardiovascular" para jornadas de 8 horas (Wu y Wang 2002). Por lo tanto, ninguna de las tareas evaluadas representa una carga fisiológica significativa. Estos resultados también confirman la validez de aplicar la metodología psicofísica en las labores evaluadas en esta investigación, pues según Ciriello y colaboradores (Ciriello et al. 1990) la determinación del PMAL es apropiada para tareas con frecuencias menores o iguales a 4.3 levantamientos/min, donde la carga fisiológica no es relevante.

CONCLUSIONES

Las conclusiones principales de esta investigación se pueden resumir como a continuación se señala:

Peso máximo aceptable de levantamiento (PMAL)

Los resultados de esta investigación confirman la tendencia publicada en la literatura, en cuanto a que el PMAL disminuye significa-

tivamente al aumentar la frecuencia de ejecución de la tarea.

El PMAL hallado experimentalmente en esta investigación es, en promedio, 25% inferior al PMAL reportado para población laboral masculina norteamericana con experiencia en labores de manejo manual de carga.

El PMAL hallado experimentalmente en esta investigación es, en promedio, 5% superior al PMAL reportado en población oriental masculina, sin experiencia en labores de manejo manual de carga.

Lo hallado experimentalmente en esta investigación sugiere la necesidad de aplicar un factor de corrección de .75 en las bases de datos publicadas por Snook y Ciriello (Snook y Ciriello 1991) o Mital y colaboradores (Mital et al. 1997), cuando se utilizan en Chile como criterio para diseñar y evaluar tareas de levantamiento de carga en el rango de frecuencias ocupadas en esta investigación.

Percepción del esfuerzo físico

Los resultados obtenidos respecto a la percepción del esfuerzo físico (Escala de Borg CR-10) confirman que los sujetos siguieron adecuadamente las instrucciones del protocolo para determinar el peso máximo aceptable de levantamiento (PMAL).

Carga biomecánica y bioenergética

Los resultados de esta investigación confirman que la compresión lumbar se incrementa al aumentar el PMAL. Todos los niveles de compresión discal determinados en la presente investigación superan el nivel de alerta propuesto por NIOSH de 3400 Newton. Sin embargo, aplicando el límite biomecánico de 3930 Newton propuesto por Mital y colaboradores (Mital et al. 1997), se estima que se llega a esta compresión cuando la carga levantada alcanza los 18 kg, aproximadamente.

Ninguna de las tareas evaluadas representó una carga fisiológica significativa. Este resultado también confirma la pertinencia de aplicar la metodología psicofísica en las labores evaluadas en esta investigación.

Acerca de una base de datos nacional de PMAL

Esta investigación confirma la factibilidad técnica de aplicar la metodología psicofísica en la población laboral chilena, lo que representa el inicio de una base de datos nacional sobre límites de peso aceptables. Las etapas experimentales siguientes de este proyecto involucran evaluar a trabajadores pertenecientes a otras empresas chilenas.

Cabe destacar finalmente que los estudios de naturaleza psicofísica que actualmente se ocupan a nivel mundial -como criterio de evaluación de tareas de manejo manual de carga- se realizaron en una muestra de población norteamericana de sólo 119 sujetos (68 hombres y 51 mujeres del Estado de Massachusetts). Según los autores de estos estudios "los datos obtenidos en esta muestra representan su mejor estimación de los pesos máximos aceptables para trabajadores industriales" (Snook y Ciriello 1991).

Agradecimientos

La Asociación Chilena de Seguridad (ACHS) agradece a la empresa Unilever Chile S.A. por el apoyo entregado a esta investigación, en particular el tiempo y dedicación del Dr. José Llambías (Médico Corporativo) y de la Tecnóloga Médica Sra. Beatriz Chávez (Coordinadora de Salud Ocupacional).

Artículo presentado en el:

VII CONGRESO INTERNACIONAL DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES ORP, Santiago de Chile, 2009.

REFERENCIAS

- Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo. 2007a. Introducción a los trastornos musculoesqueléticos de origen laboral. FACTS N° 71 ES.
- . 2007b. Riesgos asociados a la manipulación manual de cargas en el lugar de trabajo. FACTS N° 73 ES.
- Asociación Chilena de Seguridad-ACHS 2007. Estadísticas Gerencia de Prevención y Gerencia de Salud.
- . Gerencia División Operaciones. 2007. Estadísticas Gerencia de Salud. Asociación Chilena de Seguridad.
- Ayoub MM. 1992. Problems and solutions in manual material handling: the state of the art. *Ergonomics*. 35 (7/8): 713-728.
- . Dempsey PG. 1999. The psychophysical approach to manual materials handling task design. *Ergonomics* 42(1): 17-31.
- Baroness J. 2001. Musculoskeletal disorders and the workplace: low back and upper extremities. Panel on Musculoskeletal Disorders and the Workplace, Commission on Behavioral and Social Sciences and Education, National Research Council and Institute of Medicine. Washington DC: National Academy Press.
- Bhattachara A, McGlothlin J. 1996. Occupational Ergonomics: theory and applications. New York: Marcel Dekker.
- Bernard BP. 1997. Musculoskeletal disorders and workplace factors: a critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service Centers for Disease Control and Prevention. National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH Technical Report 97-141.
- Chafin DB, Gunnar BJ, Martín BJ. 2006. Occupational Biomechanics. 4th ed. Hoboken, NJ: Wiley-Interscience. 360 p.
- Ciriello VM, Snook SH, Blick AA, Wilkinson PL. 1990. The effects of task duration on psychophysically-determined maximum acceptable weights and forces. *Ergonomics*. 33 (2): 187-200.
- . Snook SH, Hughes GJ. 1993. Further studies of psychophysically determined maximum acceptable weights. *Hum Factors*. 35(1):175-186.
- . 2001. The effects of box size, vertical distance, and height on lowering tasks. *Int J Ind Ergon*. 28: 61-67.
- . 2007. The effects of container size, frequency and extended horizontal reach on maximum acceptable weights of lifting for female industrial workers. *Appl Ergon*. 38: 1-5.
- . Dempsey PG, Maikala RV, O'Brien NV. 2008. Secular changes in psychophysically determined maximum acceptable weights and forces over 20 years for male industrial workers. *Ergonomics*. 51(5): 593-601.
- Dempsey PG. 2006. Psychophysical Approach to task analysis. En: *The Occupational Ergonomics Handbook*. 2nd Edition. USA: Taylor & Francis. p. 47.1-47.39.
- Gallagher S, Moore JS, Stobbe TJ. 1998. Physical strength assessment in ergonomics. USA: American Industrial Hygiene Association.
- Grieco A, Occhipinti E, Colombini D, Molteni G. 1997. Manual handling of loads: the point of view of experts involved in the application of EC Directive 90/269. *Ergonomics*. 40(10): 1035-1056.
- International Standard Organization-ISO. 2003. ISO 11228-1: Ergonomics – Manual handling. Part1: Lifting and carrying.
- . 2007. ISO 11228-3: Ergonomics – Manual handling. Part3: Pushing and pulling.
- Karwowski W, Ayoub MM. 1984. Fuzzy modeling of stresses in manual lifting task. *Ergonomics*. 27: 641-649.
- Kroemer K. 1997. Ergonomic design of material handling systems. USA: Lewis Publishers.
- Liberty Mutual Insurance Company (USA). 2004. Liberty Mutual Manual Material Handling Tables [en línea]. Disponible en: <http://www.libertymutual.com>. [Consultado el 11 de sept, de 2009].
- Luttman A, Jager M, Griefahn B, Caffier G, Liebers F, Steinberg U. 2003. Preventing musculoskeletal disorders in the workplace. Preventing Workers' Health Series No5. WHO.
- Marras W. 2005. The future of research in understanding and controlling work-related low back disorders. *Ergonomics*. 48(5): 464-477.
- Maiti R, Ray GG. 2004. Manual lifting load limit equation for adult Indian women workers based on physiological criteria. *Ergonomics*. 47(1): 59-74.
- Mital A, Nicholson AS, Ayoub MM. 1997. A guide to manual materials handling. 2nd edition. London: Taylor & Francis.
- Shoaf C, Genaidy A, Karwowski W, Waters T, Christensen D. 1997. Comprehensive manual handling limits for lowering, pushing, pulling and carrying activities. *Ergonomics*. 40(11): 1183-1200.
- Snook SH. 1978. The design of manual handling task. *Ergonomics*. 21(12): 963-985.
- . 1985. Psychophysical considerations in permissible loads. *Ergonomics*. 28(1): 327-330.
- Snook SH, Ciriello VM. 1991. The design of manual handling tasks: Revised tables of maximum acceptable weights and forces. *Ergonomics*. 34(9): 1197-1213.
- Waters T, Putz-Anderson V, Garg A, Fine L. 1993. Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics*. 36: 749-766.
- . 2004. National efforts to identify research issues related to prevention of work-related musculoskeletal disorders. *J Electromyogr Kinesiol*. 14: 7-12.
- Wu SP, Hsu SH. 1993. Psychophysical modeling of lifting capacity of Chinese males using strength variables. *Appl Ergon*. 24(4):251-257.
- . 2000. Psychophysically determined symmetric and asymmetric lifting capacity of Chinese males for one hour's work shifts. *Int J Ind Ergon*. 25: 675-682.
- . 2008. Psychophysically determined asymmetrical lifting capacity of Chinese males over an 8h work shift. *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*. 25(3): 247-255.
- Wu HC, Wang MJJ. 2002. Relationship between maximum acceptable work time and physical workload. *Ergonomics*. 45(4): 280-289.