



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA

Revista Ação Ergonômica

www.abergo.org.br

FUERZA Y ACTIVIDAD MUSCULAR DURANTE ACTIVIDAD DE TRACCIÓN CON Y SIN USO DE UN COHECITO

Nívia Cecília Kruta de Araújo¹Catarina de Oliveira Sousa²Tatiana de Oliveira Sato^{3*}¹ Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal do Piauí - UFPI, Parnaíba, PI, Brasil² Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal, RN, Brasil³ Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos, SP, Brasil^{3*} Correo electrónico: tatisato@ufscar.br

Resumen

Los recolectores de materiales reciclables realizan actividades de manipulación manual de materiales utilizando bolsas de nailon. En las cooperativas, estas bolsas son arrastradas por el suelo; sin embargo, esta actividad fue reemplazado por carros para facilitar la actividad, mejorar Logística, aumentar la vida útil de bolsas y reducir las molestias musculoesqueléticas. Sin embargo, no hay evidencia de que el uso de carritos pueda aportar beneficios a esta actividad. Así, comparamos la fuerza de tracción y la actividad muscular del miembro superior durante el manejo manual con y sin ayuda de un carro. Quince trabajadores sacaron bolsas que contenían plástico (20 kg), cartón (30 kg) y aluminio (40 kg), con y sin el uso de un carro. La fuerza de tracción fue mayor cuando la bolsa se manipuló manualmente y aumentó según la masa de la bolsa; no se encontraron diferencias entre las masas con el uso del carrito. actividad muscular era mas grande al carrito y con uno tendencia a aumentar el activación a medida que el masa aumenta. Así, observamos que El uso del carro redujo la fuerza de tracción y aumentó la activación de los músculos de las extremidades superiores.

PALABRAS CLAVE: Coleccionistas de Materiales reciclable, Electromiografía, Fuerza, Manipulación Manual de Materiales.

1. INTRODUCCIÓN

El aumento de la producción de residuos destaca la importancia del reciclaje de materiales en todo el mundo. En los países en desarrollo, el reciclaje también es una importante fuente de ingresos para los trabajadores no calificados (Medina, 2000; Miglioransa et al., 2003; Asim et al., 2012). La preocupación por la producción de residuos ha llevado a los gobiernos de muchos países latinoamericanos y Asia crear políticas públicas que alientan coleccionistas de desperdiciar el si organizarse en cooperativas de trabajo (Medina, 2000; Carmo & Oliveira, 2010; Cockell et al., 2004).

Algunos estudios han identificado riesgos y condiciones laborales inadecuadas entre los recolectores de residuos. (Carmo & olivaira, 2010; cockell y Alabama., 2004; Puerto y Alabama., 2004; Alencar y Alabama., 2009; Castilhos Júnior et al., 2013; Gutberlet et al., 2013,

Auler et al., 2014; Souza et al., 2014; Engkvist, 2010; Engkvist et al., 2011). Estos trabajadores están expuestos a factores de riesgo físicos, químicos, biológicos y ergonómicos y se han visto fuertemente afectados por trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo. En Brasil, los trabajadores de recolección cooperativa de residuos se encargan de recolectar, separar y vender los materiales reciclables (Guardebassio et al., 2014). Muchas de estas actividades implican el manejo manual de materiales, como tirar de bolsas de nailon llenas de materiales reciclables.

La actividad de tirar y empujar ha sido ampliamente estudiada, y todavía no hay consenso sobre qué actividad implica el mayor esfuerzo (Garg et al., 2014). Sin embargo, se encontró una fuerte relación entre las fuerzas de tracción y de empuje, y molestias en el hombro (Hoozemans et otros, 2002). el acto tirar se caracteriza por el esfuerzo desde mano en dirección horizontal al cuerpo, con diferentes componentes verticales dependiendo de la altura vertical de las manos durante el tirón (Garg et al., 2014). la actividad el puede ser llevado a cabo caminando hacia frente con el artículo detrás del cuerpo (Laursen & Schibye, 2002; Harris-Adamson et al., 2016) o avanzar hacia Atrás con el artículo al frente. del cuerpo (Tiwari et al., 2010; Lin et al., 2013; McDonald et al., 2012; Yu et al., 2018), utilizando un (Laursen & Schibye, 2002; Harris-Adamson et al., 2016; Lin et al., 2013; Yu et al., 2018) o dos manos (Bennett y otros, 2008; Tiwari y otros, 2010). Cada técnica de tracción tiene un perfil activación muscular individual, lo que sugiere que los trabajadores pueden variar el método de tracción a lo largo del turno de trabajo para evitar lesiones musculoesqueléticas acumulativo (Bennett et al., 2011).

Una forma frecuente utilizada por los trabajadores de la recogida de residuos para tirar de las bolsas mientras caminan hacia adelante es con la bolsa detrás del cuerpo. En En general, los trabajadores tiran la bolsa con una mano, con el codo y el hombro completamente extendidos, el antebrazo en pronación y el tronco torcido. Una posición de tracción similar el era estudiado en otros entornos laborales (Laursen & Schibye, 2002; Harris-Adamson et al., 2016; Bennett et al., 2011) y se consideró favorable en relación con la actividad muscular en las extremidades superiores, la fuerza de compresión lumbar y las fuerzas de corte anteroposteriores en comparación con tirar con el dos manos (Harris-Adamson et otros, 2016). Las variaciones en la superficie, la velocidad y la carga causan diferencias en los pares de torsión en los hombros , que son proporcionales a la velocidad y magnitud de la carga tirada (Laursen & Schibye, 2002).

En alguno cooperativas brasileñas, estas las bolsas son arrastradas sobre el piso; sin embargo, esta tarea ha sido progresivamente sustituida por carros para facilitar la actividad, mejorar las operaciones logísticas, aumentar la vida útil de las bolsas y reducir las molestias musculoesqueléticas. Algunos estudios indican que la actividad muscular y las fuerzas necesarias para empujar/tirar dependen de nivelación del piso, método de manipulación, fricción, diámetro de neumáticos, tipo de carro, peso del carro, mantenimiento adecuado de neumáticos y banda de rodadura, y postura del tronco (Garg et al., 2014; Glitsch et al., 2007; Argubi-Wollesen et al., 2017). No encontramos estudios que evaluaran los requisitos biomecánicos del manejo de materiales reciclables en dos condiciones, con y sin ayuda de un carro, utilizando mediciones objetivas de fuerza de tracción y electromiografía de superficie. Además, estudiar cómo las nuevas herramientas y técnicas afectan el esfuerzo de los trabajadores es importante para garantizar un entorno de trabajo más seguro.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue comparar la fuerza de tracción y la actividad de los músculos de las extremidades superiores durante uno actividad de manipulación manual de materiales con y sin la ayuda de un carro. La hipótesis del estudio es que el uso del carrito reducirá las fuerzas de tracción y la actividad muscular en los miembros superiores. Además, se espera que el aumento de la masa de las bolsas aumente la resistencia. tracción y actividad muscular en ambas condiciones de manipulación de materiales.

2. MÉTODOS

2.1. DISEÑO ESTUDIAR Y PARTICIPANTES

Este estudio se llevó a cabo en una cooperativa de reciclaje ubicada en una ciudad mediana empresa del interior del Estado de São Paulo, Brasil. En esta cooperativa, la clasificación y manipulación de materiales en el lugar de trabajo era realizada exclusivamente por mujeres. Por lo tanto, la población de este estudio estuvo compuesta únicamente por mujeres coleccionistas. En el momento de la recopilación de datos, había 29 recolectores en esta cooperativa, 19 mujeres en el sector de clasificación, siete hombres recogiendo materiales en las calles y tres mujeres en la oficina administrativa. Los criterios de inclusión fueron: 1. ser mujer y trabajar en el sector de detección; 2. tener más de tres meses de experiencia laboral; 3. no presente síntomas físicos o enfermedades el día de la evaluación; 4. no tener ninguna enfermedad crónica ni restricciones de movilidad. Se invitó a participar a las personas que cumplieron con los criterios y se incluyeron aquellos que aceptaron y firmaron un formulario de consentimiento informado. El proyecto de investigación fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad (Dictamen N. 459.482).

Así, participaron del estudio quince trabajadores que cumplieron con todos los criterios de inclusión. Todos los participantes eran dominantes con la mano derecha. La edad promedio fue 37 años (DE=10,8); el índice de masa corporal (IMC) promedio fue de 29,9 kg/m² (DE=4,9) y la antigüedad promedio fue de 27,7 meses (DE=21,4).

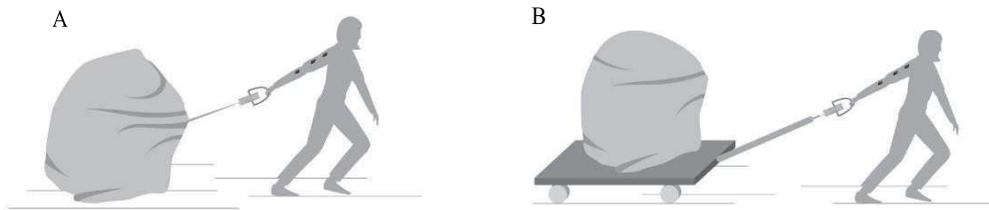
2.2. EQUIPO

La fuerza de tracción máxima se registró mediante un dinamómetro de tracción electrónico (Kratos, modelo DDK, São Paulo, Brasil) con precisión del 0,5% y capacidad máxima de 100 kgf. actividad muscular se evaluó utilizando un Sistema electromiográfico de 8 canales (Trigno Wireless System, Delsys Inc., Boston, EE. UU.), compuesto por electrodos con 4 barras paralelas, dos barras activas y dos estabilizadores, que eliminaron la necesidad de un electrodo referencia, tamaño de contacto 5x1mm, material de contacto 99,9% (Sensor Estándar Trigno™), con RRMC > 80dB. El módulo de acondicionamiento de señal presenta una resolución de 16 bits con señal de 168 nV/bit, ruido general del canal <0,75 uV y frecuencia de muestreo de 2000 Hz.

2.3. ACTIVIDADES

La actividad consistió en sacar materiales reciclados acomodados dentro de las bolsas. Se evaluaron dos métodos de manipulación: arrastrar la bolsa por el suelo (manual) y tirar de las bolsas mediante un carro (carro). Las dimensiones del bolso eran 130x90x90 cm. Las bolsas se llenaron con plástico (20 kg), cartón (30 kg) y aluminio (40 kg). el carro fue hecho de metal con plataforma de madera de 120x60 cm, con ruedas neumáticas 14", masa 29,4 kg y capacidad para 500 kg (Figura 1). El orden de los tipos de actividades fue aleatorio para cada participante.

Cifra 1. Actividades de tirar: EL. Arrastrando el bolsa nodo piso (manual) y b. Tracción el bolsa usando uno carro (carro).



2.4. TRÁMITES

la colección de datos se llevó a cabo en el sitio de trabajo. Los voluntarios fueron informados e instruidos sobre los procedimientos. Les pidieron que sacaran las bolsas durante 10 metros a una velocidad natural. Cada actividad se realizó una vez para cada material, totalizando seis manipulaciones por cada trabajador. El dinamómetro se fijó al asa de la bolsa para la actividad manual y al asa del carrito para la actividad con carro. La fuerza máxima se normalizó por la masa corporal y se expresó como porcentaje de la masa corporal.

Se evaluó la actividad eléctrica de los músculos trapecio (superior, medio e inferior), deltoides (medio y posterior), tríceps braquial (cabeza larga y lateral) y extensores de la muñeca. Antes de arreglar los electrodos, la piel estaba afeitada y limpiada con alcohol (Luca, 2003). La ubicación de los sensores y las pruebas de contracción voluntaria máxima (MVC) se realizaron según el protocolo del SENIAM. (Electromiografía de Superficie a la Evaluación no invasiva de Músculos) (SENIAM, 2016) para todos los músculos, excepto los extensores de la muñeca, que no fueron disponibles en la página del SENIAM.

Para los músculos extensores de la muñeca, el sensor se colocó en el vientre muscular localizado por palpación durante MVC con el antebrazo en pronación (Akeson et al., 1997). La prueba de MVC se realizó con el sujeto sentado, con el codo flexionado a 90° y el antebrazo en pronación apoyado sobre una superficie de altura regulable. La extensión máxima de la muñeca se logró con una banda inelástica unida a una placa de metal en el suelo (Akeson et al., 1997).

La señal electromiográfica se filtró digitalmente usando un filtro de paso de banda de 20 a 450 Hz, se rectificó y el valor RMS (Root Mean Square) máximo se calculó usando un algoritmo de ventana móvil de 150 ms con 50 ms de interposición, usando el software Matlab (Math Works, Inc., versión 2013a, Massachusetts, EE. UU.). La normalización se llevó a cabo promediando los tres valores máximos de MVC (Mathiassen et al., 1995), y la actividad muscular durante las actividades de manipulación se transformó como porcentaje de MVC.

2.5. ANÁLISIS DE DATOS

Los datos de la fuerza de tracción (porcentaje de masa corporal) y el valor RMS máximo normalizado de cada músculo (% MVC) se analizaron utilizando el software SPSS (versión 17.0). El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA de dos factores para medidas repetidas. Los efectos fijos fueron: actividad (manual x carro) y masa (20, 30 y 40 kg). Las variables dependientes fueron fuerza de Tracción y actividad eléctrica muscular para cada músculo. Los valores de F, P y el tamaño del efecto (η^2 cuadrado parcial) se muestran tanto por los efectos principales de cada factor (actividad y masa) en cuanto a la interacción entre factores (actividad*masa). Cuando la interacción entre los factores era significativa, los efectos simples fueron interpretados en términos de los principales efectos de cada factor.

Cuando la interacción fue estadísticamente significativa, las diferencias entre las medias (DM), el intervalo de confianza de estas diferencias (IC del 95%) y el Se calcularon los tamaños del efecto (d de Cohen). Un tamaño del efecto >0,8 se consideró grande, 0,5-0,8 moderado, 0,2-0,5 pequeño y <0,2 débil. Para todas las comparaciones, el nivel de significancia se fijó en el 5%.

3. RESULTADOS

La fuerza la tracción fue mayor cuando se arrastraba la bolsa por el suelo en comparación con el uso del carrito, siendo estadísticamente significativa para cartón (DM=1,02 N/kgf; IC 95%=0,41-1,62; d=5,49) y aluminio (DM=2,25 N/kgf; IC 95%=1,39-3,11; d=10,07). Para manipulación manual, la fuerza máxima aumentaba según la masa de la bolsa; y la fuerza fue significativamente mayor para el aluminio en comparación con el plástico (MD=1,72 N/kgf; IC del 95%=1,07-2,38; d=0,65) y cartulina (DM=1,25 N/kgf; CI 95%=0,96-1,55; d=0,43). Cuando el La actividad se realizó con el carrito, no se encontraron diferencias entre bolsas de plástico, cartón y aluminio.

Mesa 1. Promedio y Desvío estándar [promedio (PD)] a el fortaleza máximo de tracción (N/kgf) durante el manipulación manual y con carro a plástico (20 kg), cartón (30 kilogramos) y aluminio (40 kilos).

| Masa | Actividades | | Factores | F | P | Tamaño del efecto |
|-----------|-----------------------------|---------------------------|----------------|-------|--------|-------------------|
| | manual | amabilidad | | | | |
| plástico | 15.19 (4.86) ^{un} | 11.31 (6.28) | Actividad | 18.48 | 0.001 | 0,57 |
| Cartulina | 22.90 (7.37) ^{b*} | 12.53 (7.24) [*] | masa | 58,81 | <0,001 | 0,80 |
| Aluminio | 35,71 (9.45) ^{ab*} | 12.69 (8.26) [*] | Actividad*masa | 42.05 | <0,001 | 0,75 |

Lírica igual representar diferencias entre hacia pastas y * representar diferencias entre hacia actividades.

Los resultados de la activación muscular se presentan en la Tabla 2 (en el apéndice). La activación muscular fue mayor cuando el material se manipuló con la asistencia del carro, excepto a el porción superior de trapecoide. Para este músculo, el análisis post-hoc indicado diferencia entre el actividades justo para aluminio (P=0,04; DM=7,82; IC 95%=0,29-15,35; d=0,27) con mayor activación en el manejo manual. Para los otros músculos, se produjeron diferencias entre las actividades para todas las masas, excepto para el manejo del aluminio en el trapecio (medio e inferior) y los deltoides posteriores.

La diferencia entre masas fue significativa sólo para el manejo manual de materiales, con una tendencia significativa hacia una mayor activación a medida que aumentaba la masa en las tres porciones del trapecio y deltoides posteriores. No se identificaron diferencias entre las masas de los otros músculos.

4. DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue comparar la fuerza de tracción y la actividad muscular de los miembros superiores durante la actividad de tirar materiales reciclables manualmente y utilizando un carrito. Las hipótesis del estudio fueron que el uso del carrito reduciría la fuerza de tracción y la actividad. músculo de los miembros superiores, y que el aumento de masa de bolsas aumentaría la fuerza de tracción y la actividad muscular en ambas condiciones de manipulación de materiales.

Nuestros resultados confirmaron parcialmente las hipótesis, ya que el uso del carrito disminuyó la fortaleza de tracción a el manejo de cartulina y aluminio. Nodo sin embargo, hacia usar el carro,

La actividad muscular aumentó en todos los músculos excepto en el trapecio superior. Además, el aumento de masa provocó un aumento de la fuerza de tracción y de la actividad de los tres segmentos del trapecio y deltoides posterior, sólo para el manejo manual.

La expectativa era que la fuerza de tracción disminuiría al usar el carro, resultado también encontrado por Schibye et al. (2001), evaluando la efectivo de tracción cuando los recolectores de materiales manipulados en sacos de 25 a 50 kg. Sin embargo, No esperábamos que la activación muscular fuera mayor al utilizar el cochecito. Algunos factores pueden haber contribuido al aumento de la actividad muscular al manipular el carrito. La varilla utilizada para tirar del carro provoca el trabajador está más alejado de él, lo que desplaza el centro de gravedad del sistema carro-operador, lo que posiblemente requiera una mayor estabilización de las articulaciones para evitar movimientos no deseados y mantener una trayectoria recta.

Además, dependiendo de la dirección de aplicación de la fuerza, el carro podría moverse lateralmente. Por lo tanto, podemos suponer que los músculos del hombro, especialmente las porciones media e inferior del trapecio, aumentaron su activación para estabilizar la escápula (Mottram, 1997) y evitar el desplazamiento lateral del carro. Una explicación adicional a este hallazgo puede estar relacionada con la mayor fuerza de fricción en el manejo manual, que requiere menos actividad muscular para estabilizarse. la carga.

Otra hipótesis de este estudio fue que la aumentar la masa aumentaría la fuerza de tracción y actividad muscular. Esta hipótesis también se confirmó parcialmente, ya que la fuerza de tracción y la actividad muscular de los tres segmentos del trapecio y deltoides posteriores aumentaron significativamente con el aumento de masa sólo para el manejo manual. Estos hallazgos pueden explicarse por la función principal de estos músculos de tirar de la carga. Los deltoides medios y el tríceps braquial no estuvieron muy activos durante la actividad, y su la activación no dependía de la masa extraída. Los músculos extensores de la muñeca actúan como estabilizadores de la muñeca y su activación durante la actividad de tirar también era independiente de la masa.

Los estudios futuros deberían considerar evaluar la usabilidad del carrito y la percepción de los trabajadores sobre su uso para comprender el motivo del aumento. de la actividad muscular en los miembros superiores. Además, es posible que los trabajadores hayan utilizado diferentes estrategias motoras según la estabilidad de la carga. También recomendamos que futuros estudios evalúen otros grupos musculares potencialmente involucrados en la tarea, como los músculos del tronco y las extremidades inferiores.

4.1. LIMITACIONES DE ESTUDIAR

El principal de este estudio limitación de tamaño pequeño desde muestra; sin embargo, todos Se evaluaron los sujetos elegibles. Otro aspecto a considerar es que la muestra estuvo compuesta exclusivamente por mujeres, lo que no permite generalizaciones a trabajadores varones. La técnica utilizada por los trabajadores para realizar las actividades también puede influir en nuestros resultados, requiriendo un enfoque biomecánico más integral.

5. CONCLUSIÓN

EL usar de carro a manipular materiales reciclable reducido el fortaleza de tracción, pero aumentó el

ativación muscular del miembros superiores. Estos resultados indicar qué el usar de eso El dispositivo puede no ser ventajoso para reducir la sobrecarga muscular en las extremidades superiores. La implementación de carros para tirar de bolsas requiere un estudio más profundo de las estrategias motoras y los efectos del aumento de la actividad muscular en los miembros superiores.

6. APOYO FINANCIERO

Este trabajo se realizó con el apoyo de la Coordinación para el Perfeccionamiento del Personal de Educación Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamiento 001.

7. REFERENCIAS

Akesson I, Hansson GÅ, Balogh I, Moritz U, Skerfving S. Quantifying work load in neck, shoulders and wrists in female dentists. *Int Arch Occup Environ Health*. 1997;69(6):461–474. doi:10.1007/s004200050175.

Alencar MCB, Cardoso CCO, Antunes MC. Condições de trabalho e sintomas relacionados à saúde de catadores de materiais recicláveis em Curitiba. *Rev Ter Ocup Univers São Paulo*. 2009;20(1):36–42. doi:10.11606/issn.2238-6149.v20i1p36-42.

Argubi-Wollesen A, Wollesen B, Leitner M, Mattes K. Human body mechanics of pushing and pulling: analyzing the factors of task-related strain on the musculoskeletal system. *Safety Health Work*. 2017;11–18. doi:10.1016/j.shaw.2016.07.003.

Asim M, Batool SA, Chaudhry MN. Scavengers and their role in the recycling of waste in Southwestern Lahore. *Res Conserv Recyc*. 2012;58:152–162. doi:10.1016/j.resconrec.2011.10.013.

Auler F, Nakashima AT, Cuman RK. Health conditions of recyclable waste pickers. *J Community Health*. 2014;39(1):17–22. doi:10.1007/s10900-013-9734-5.

Bennett AI, Desai SD, Todd AI, Freeland H. The effects of load and gradient on hand force responses during dynamic pushing and pulling tasks. *Ergonomics SA*. 2008;20:3-15.

Bennett AI, Todd AI, Desai SD. Pushing and pulling, technique and load effects: an electromyographical study. *Work*. 2011;38(3):291-299. doi:10.3233/WOR-2011-1132.

Carmo MS, Oliveira JAP. The semantics of garbage and the organization of the recyclers: implementation challenges for establishing recycling cooperatives in the city of Rio de Janeiro, Brazil. *Res Conserv Recyc*. 2010;54:1261–1268. doi:10.1016/j.resconrec.2010.04.005.

Castilhos Júnior AB, Ramos NF, Alves CM, Forcellini FA, Graciolli OD. Catadores de materiais recicláveis: análise das condições de trabalho e infraestrutura operacional no Sul, Sudeste e Nordeste do Brasil. *Cienc Saúde Coletiva*. 2013;18(11):3115–3124. doi:10.1590/S1413-81232013001100002.

Cockell FF, Carvalho AMC, Camarotto JA, Bento PEG. A triagem de lixo reciclável: análise ergonômica da atividade. *Rev Bras Saúde Ocup*. 2004;29(110):17–26. doi:10.1590/S0303-76572004000200003.

Cohen J. The concepts of power analysis. In: Cohen J, editor. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. New Jersey: Academic Press, Inc; 1998. p.1–17.

Engkvist I-L, Svensson R, Eklund EJ. Reported occupational injuries at Swedish recycling centre-based on official statistics. *Ergonomics*. 2011;54(4): 357–366.

doi:10.1080/00140139.2011.556261.

Engkvist I-L. Work conditions at recycling centers in Sweden - physical and psychosocial work environment. *Appl Ergon.* 2010;41:347–354. doi:10.1016/j.apergo.2009.06.008.

Garg A, Waters T, Kapellusch J, Karwowski W. Psychophysical basis for maximum pushing and pulling forces: a review and recommendations. *Int J Ind Ergon.* 2014;44: 281–291. doi:10.1016/j.ergon.2012.09.005.

Glitsch U, Ottersbach HJ, Ellegast R, Schaub K, Franz G, Jäger M. Physical workload of flight attendants when pushing and pulling trolleys aboard aircraft. *Int J Ind Ergon.* 2007;37: 845–854. doi:10.1016/j.ergon.2007.07.004.

Guardebassio EV, Dias M, Pereira RS, Venturi L. Occupational safety and health in the screening of municipal solid waste in coop Cidade Limpa of Santo André. *Rebrae.* 2014;7(3):263–280. doi:10.7213/rebrae.07.003.AO02.

Gutberlet J, Baede AM, Pontuschka NN, Felipone SMN, Santos TLF. Participatory research revealing the work and occupational health hazards of cooperative recyclers in Brazil. *Int J Environ Res Public Health.* 2013;10:4607–4627. doi: 10.3390/ijerph10104607.

Harris-Adamson C, Mielke A, Xu X, Lin JH. Ergonomic evaluation of standard and alternative pallet jack handles. *Int J Ind Ergon.* 2016; 54: 113–119. doi:10.1016/j.ergon.2016.05.00.

Hoozemans MJM, van der Beek AJ, Frings-Dresen MHW, van der Woude LHV, Dijk FJH. Pushing and pulling in association with low-back and shoulder complaints. *Occup Environ Med.* 2002;59:696–702. doi:10.1136/oem.59.10.696.

Laursen B, Schibye B. The effect of different surfaces on biomechanical loading of shoulder and lumbar spine during pushing and pulling of two-wheeled containers. *Appl Ergon.* 2002; 33:167–174. doi:10.1016/S0003-6870(01)00054-0.

Lin JH, McGorry RW, Maynard, W. One-handed standing pull strength in different postures: normative data. *Appl Ergon.* 2013;44:603–608. doi:10.1016/j.apergo.2012.12.001.

Luca, DG. *Delsys: fundamental concepts in EMG signal acquisition*, DelsysInc, 2003.

Mathiassen SE, Winkel J, Hagg G.M. Normalization of surface EMG amplitude from the upper trapezius muscle in ergonomic studies: a review. *J Electromyogr Kinesiol.* 1995;5:197–226. doi:10.1016/1050-6411(94)00014-X.

McDonald A, Picco BR, Belbeck AL, Chow AY, Dickerson CR. Spatial dependency of shoulder muscle demands in horizontal pushing and pulling. *Appl Ergon.* 2012;43(6):971-978. doi:10.1016/j.apergo.2012.01.005.

Medina M. Scavenger cooperatives in Asia and Latin America. *Res Conserv Recyc.* 2000;31:51–69. doi:10.1016/S0921-3449(00)00071-9.

Miglioransa MH, Rosa LC, Perin C, Ramos GZ, Fossati GF, Stein A. Epidemiologic study of the selective garbage collectors. *Rev Bras Saúde Ocup.* 2003;28:19–28. doi:10.1590/S0303-76572003000200003.

Mottram, SL. Dynamic stability of the scapula. *Manual Therapy.* 1997;2(3):123–131. doi:10.1054/math.1997.0292.

Porto MF, Juncá DC, Gonçalves RS, Filhote MI. Garbage, work, and health: a case study of garbage pickers at the metropolitan landfill in Rio de Janeiro, Brazil. *Cad Saude Publica.*

2004;20(6):1503–1514. doi:10.1590/S0102-311X2004000600007.

Schibye B, Sogaard K, Martinsen D, Klausen K. Mechanical load on the low back and shoulders during pushing and pulling of two-wheeled waste containers compared with lifting and carrying of bags and bins. *Clin Biomech.* 2001;16:549–559. doi:10.1016/S0268-0033(01)00039-0.

Seniam. Recommendations for sensors locations on individual muscles.<http://www.seniam.org>. Accessed February 2nd, 2016.

Souza RLR, Fontes ARM, Salomão AS. A triagem de materiais recicláveis e as variabilidades inerentes ao processo: estudo de caso em uma cooperativa. *Cienc Saúde Coletiva.* 2014;19(10):4185–4195. doi:10.1590/1413-812320141910.09072014.

Tiwari PS, Gite LP, Majumder J, Pharade SC, Sin VV. Push/pull strength of agricultural workers in central India. *Int J Ind Ergon.* 2010;40:1–7. doi:10.1016/j.ergon.2009.10.001.

Yu D, Xu X, Lin J-H. Impact of posture choice on one-handed pull strength variations at low, waist, and overhead pulling heights. *Int J Ind Ergon.* 2018;64:226-234. doi:10.1016/j.ergon.2017.07.004.

APPENDIX - Table 2. Mean and standard deviation [mean (SD)] for the muscular activity (RMS) during the manual and cart handling for plastic (20 k g), cardboard (30 kg) and aluminium (40 kg).

| Muscles | Mass | Activities | | Factors | F | P | Effect size |
|--------------------------------|------------------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------|-------|-------|-------------|
| | | manual | cart | | | | |
| Upper Trapezius | plastic | 21.34 (16.46) ^{a,c} | 23.51 (18.40) | activity | 0.42 | 0.53 | 0.03 |
| | cardboard | 24.53 (18.65) ^{b,c} | 24.86 (17.52) | mass | 6.98 | <0.01 | 0.35 |
| | aluminium | 32.71 (23.54) ^{a,b,*} | 24.89 (17.52) [*] | activity*mass | 7.31 | <0.01 | 0.36 |
| Middle Trapezius | plastic | 20.05 (16.53) ^{d,*} | 37.85 (19.99) [*] | activity | 14.91 | <0.01 | 0.53 |
| | cardboard | 25.03 (21.16) ^{e,*} | 38.32 (24.60) [*] | mass | 4.08 | 0.03 | 0.24 |
| | aluminium | 36.39 (31.02) ^{d,c} | 36.39 (20.68) | activity * mass | 4.99 | 0.02 | 0.28 |
| Lower Trapezius | plastic | 6.99 (5.18) ^{f,h,*} | 15.97 (8.66) [*] | activity | 12.16 | <0.01 | 0.50 |
| | cardboard | 10.01 (7.19) ^{g,h,*} | 14.61 (8.87) [*] | mass | 5.08 | 0.01 | 0.30 |
| | aluminium | 14.05 (10.41) ^{f,g} | 16.75 (10.76) | activity * mass | 3.81 | 0.04 | 0.24 |
| Middle Deltoid | plastic | 6.6 (3.49) [*] | 18.77 (9.20) [*] | activity | 30.58 | <0.01 | 0.69 |
| | cardboard | 7.38 (4.65) [*] | 20.64 (14.53) [*] | mass | 1.28 | 0.29 | 0.08 |
| | aluminium | 9.76 (6.24) [*] | 19.75 (10.21) [*] | activity * mass | 0.62 | 0.48 | 0.04 |
| Posterior Deltoid | plastic | 9.99 (5.15) ^{i,k,*} | 19.74 (10.2) [*] | activity | 4.67 | 0.05 | 0.26 |
| | cardboard | 12.32 (6.15) ^{j,k,*} | 20.01 (11.54) [*] | mass | 6.53 | 0.02 | 0.33 |
| | aluminium | 21.81 (14.04) ^{i,j} | 21.42 (14.04) | activity * mass | 9.13 | <0.01 | 0.41 |
| Triceps brachii - long head | plastic ⁱ | 4.48 (2.01) [*] | 10.38 (5.75) [*] | activity | 5.21 | 0.04 | 0.32 |
| | cardboard | 6.50 (6.44) [*] | 9.57 (5.70) [*] | mass | 4.79 | 0.02 | 0.30 |
| | aluminium ⁱ | 9.43 (4.88) [*] | 9.78 (5.25) [*] | activity * mass | 3.42 | 0.08 | 0.24 |
| Triceps brachii - lateral head | plastic | 9.31 (6.18) [*] | 18.91 (13.69) [*] | activity | 11.59 | <0.01 | 0.45 |
| | cardboard | 11.76 (11.44) [*] | 17.72 (12.69) [*] | mass | 1.60 | 0.22 | 0.10 |
| | aluminium | 14.76 (12.75) [*] | 18.00 (11.75) [*] | activity * mass | 1.52 | 0.24 | 0.10 |
| Wrist extensors | plastic | 14.92 (11.02) [*] | 29.85 (16.65) [*] | activity | 25.55 | <0.01 | 0.65 |
| | cardboard | 16.11 (13.95) [*] | 30.02 (13.94) [*] | mass | 1.14 | 0.33 | 0.08 |
| | aluminium | 16.83 (12.09) [*] | 31.74 (20.73) [*] | activity * mass | 0.03 | 0.89 | 0.01 |

Equalletters represent differences between masses and * represent differences between activities.