

Estimación de las fuerzas de agarre y pinzamiento de una muestra de población adulta del estado de Chihuahua para elaborar guía de diseño de trabajos y herramientas manuales

Elsa Isamar Ramírez Campa¹, Gabriel Ibarra Mejía¹, Antonio Guerra Jaime¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen

El propósito de este proyecto es generar un perfil antropométrico de fuerzas de agarre y pinzamiento de la población adulta del estado de Chihuahua, el estudio es de tipo descriptivo, observacional, transversal y prospectivo. Se tomarán las mediciones para dos grupos etarios en ambos sexos (18 a 24 años y 18 a 65 años) y una vez capturados los datos se analizarán estadísticamente mediante pruebas de normalidad, además se generarán medidas de tendencia central, de dispersión y percentiles. Se pretende que el resultado de este proyecto sirva como guía para el diseño y rediseño de trabajos y herramientas, con el fin de disminuir el número de lesiones musculoesqueléticas.

Palabras clave: Antropometría, diseño de trabajos, diseño de herramientas.

Introducción

De acuerdo con Kumar y Narayan (1998) citado por Ibarra et al. (2013), la fuerza es una actividad que requiere de esfuerzos físicos. La exposición a tareas manuales altamente repetitivas puede ocasionar un sobreesfuerzo, no importando que el esfuerzo sea de nivel bajo. Lo anterior se debe a que estos esfuerzos son parte de una tarea manual que se realiza constantemente y que representa diferentes proporciones de los niveles de la contracción máxima voluntaria para diferentes trabajadores, excediendo sus niveles fisiológicos y de tolerancia e incrementando el riesgo de desarrollar un desorden por trauma acumulativo.

Las fuerzas de la mano se dividen en fuerzas de agarre y pinzamiento, y éstas son

ampliamente usadas en actividades que se realizan en el día a día (Walker y Nicolay, 2005; Seo, Engel y Enders, 2011; Nilsen, Hermann, Eriksen, Dagfinrud, Mowinckel y Kjekken, 2012) además son consideradas como indicadores esenciales del funcionamiento de la mano (Ding, Leino-Arjas, Murtomaa, Takala y Solovieva, 2013; Chen, Austin, Brooks, Morgan, Sanders, Swan y Vanderslice, 2010).

Los principios biomecánicos indican que el riesgo de desarrollar un desorden por trauma acumulativo en las extremidades superiores puede ser mitigado mediante el diseño de herramientas y tareas que reduzcan el esfuerzo manual, basándose en consideraciones antropométricas (Grant, Habes y Steward, 1992). Por lo que la

medición y evaluación de las fuerzas manuales puede ayudar a identificar el riesgo de sufrir estos desordenes (Walker y Nicolay, 2005), los cuales afectan la productividad y salud de los trabajadores, además de ocasionar costos directos e indirectos a las compañías (Ibarra, Fernández, Marley, Noriega, Ware y Torres, 2013).

Este proyecto tiene como objetivo generar un perfil antropométrico de fuerzas de agarre y pinzamiento, en forma de tablas, de la población activa del estado de Chihuahua, que sirva como una guía que pueda aplicarse en el diseño relacionado con tareas manuales y el uso de herramientas.

Antecedentes

Hovell et al. (1988), citado por Liu, Sánchez y Parga (1999), encontró mayor prevalencia significativa de síntomas musculoesqueléticos en trabajadores de la industria maquiladora. Un factor contribuyente es el hecho de que la mayoría se adquiere de otros países y su uso no es adecuado para los trabajadores mexicanos, por lo que los sitios de trabajo y herramientas que fueron diseñadas en un principio para una población específica pueden resultar difíciles de usar para otra población con diferentes características antropométricas, obligándolos a asumir posturas inadecuadas o ejercer una mayor fuerza para compensar las diferencias de dimensiones corporales.

En estudios previos (Ibarra, et al. 2009; Ibarra et al., 2010; Ibarra et al., 2012) se encontró que las fuerzas de agarre de una

muestra de adultos jóvenes de la población del Norte de México son menores en comparación con otras poblaciones como Estados Unidos (Mathiowetz et al., 1985), Inglaterra (Universidad de Nottingham, 2000) y Brasil (Schlussel et al., 2008).

Existen además estudios que indican que el agarre repetitivo con fuerzas elevadas incrementan significativamente el riesgo de desórdenes musculoesqueléticos de los miembros superiores relacionados con el trabajo (Bernard, 1997).

Planteamiento del Problema

Durante las últimas décadas se han podido distinguir cambios importantes en la naturaleza del trabajo industrial, uno de ellos es que la fuerza muscular humana se ha ido sustituyendo cada vez más por máquinas. Sin embargo, a pesar de que el trabajo no es tan pesado como lo era hace 40 años, los trastornos musculoesqueléticos siguen siendo un problema persistente en la actualidad (Pheasant y Haslegrave, 2006).

Actualmente no existen estudios específicos para las diferentes poblaciones y grupos etarios, por lo que se pretende generar un perfil antropométrico de fuerzas de agarre y pinzamiento de la población adulta del estado de Chihuahua que sirva como una guía para el diseño de trabajo y herramientas, y de esta forma disminuir el número de lesiones musculoesqueléticas que se asocian con él.

Objetivos

El presente proyecto de investigación consta de un objetivo general que se llevará a cabo mediante la realización de objetivos

específicos, mismos que se describen a continuación.

Estimar la fuerza de agarre y pinzamiento de una muestra de la población adulta del estado de Chihuahua, para dos grupos etarios (18 a 24 y 18 a 65) en ambos sexos, con el fin de generar tablas antropométricas de fuerzas que sirvan como una guía que pueda aplicarse en el diseño y rediseño ergonómico de tareas manuales, así como de herramientas.

- Seleccionar a conveniencia universidades y empresas para determinar la muestra de la población adulta del estado de Chihuahua.
- Estimar las mediciones de las fuerzas musculares de la población para dos grupos etarios en ambos sexos (18 a 24 años y 18 a 65 años) para recabar los datos.
- Capturar los datos recabados para elaborar una matriz que permita analizar los datos estadísticamente mediante un software.
- Generar las tablas antropométricas de las fuerzas medidas para generar guía de diseño.

Pregunta de Investigación

¿Estadísticamente, cómo son las fuerzas de agarre y pinzamiento de la población adulta del estado de Chihuahua?

Justificación

La determinación y conocimiento de la fuerza de prensión de la mano es de importancia en el diseño de tareas y herramientas manuales (Salinas, Vargas, Aveytia e Ibarra, 2009). Sin embargo, hasta la fecha no se tiene el conocimiento de estudios sobre las características de los esfuerzos musculares aplicados con las manos y brazos, datos que son muy importantes para aplicarse en el diseño y rediseño ergonómico de tareas manuales, cuya existencia en nuestro país es muy amplia debido al bajo nivel tecnológico que existe en la mayoría de las empresas e industrias.

De ahí la importancia de contar con tablas antropométricas de la fuerza manual de agarre, pinzamiento y de empujar-jalar de la población activa del estado Chihuahua que ayude en el diseño de las condiciones de trabajo óptimas así como en el diseño de herramientas necesarias para llevar a cabo tareas específicas.

Alcance y Delimitación

El objetivo del proyecto es generar tablas antropométricas de las fuerzas de agarre y pinzamiento de la población activa del estado de Chihuahua. Únicamente se incluyen dos grupos etarios que van desde la edad de 18 hasta 65 años, los cuales deberán pertenecer, al menos, a la segunda generación nacida dentro del estado.

Revisión de Literatura

Antropometría

La palabra antropometría significa medición del cuerpo humano, y se deriva de las palabras griegas “anthropos” hombre y “metron” medir (Bridger, 1995). La antropometría es la rama de las ciencias humanas que se ocupa de las medidas del cuerpo, como lo son el tamaño corporal, forma, fuerza, movilidad y flexibilidad y capacidad de trabajo (Pheasant y Haslegrave, 2006).

Fuerza

La fuerza muscular es el término comúnmente usado para referirse a la tensión máxima que el músculo puede desarrollar voluntariamente entre su origen y su inserción (Kroemer, 2003). La fuerza segmentaria se refiere a la fuerza o torque que puede ser aplicado por un segmento corporal a un objeto externo al cuerpo, dicho segmento se identifica como mano, codo, hombro, espalda, pie, entre otros. Cada segmento corporal realiza un función específica, por ejemplo la mano humana es capaz de realizar una gran variedad de actividades, desde aquellas que requieren un control preciso hasta las que exigen grandes esfuerzos musculares (Kroemer, 2003). De acuerdo con Pheasant y Haslegrave (2006), la fuerza de la mano es diferente dependiendo de la persona que la ejerza.

Protocolos de medición

Mathiowetz (1985) citado por Salinas, Vargas, Aveytia, e Ibarra (2010), indica que el registro más fiable de medición es el promedio de tres intentos, el sujeto debe estar de pie confortablemente con los hombros aducidos y sin rotación, el codo flexionado en 90° y antebrazo y muñeca en posición neutral. La fuerza se debe ejercer gradualmente durante cinco segundos y descansar por un minuto considerando la fatiga muscular presentada.

Otro protocolo es el propuesto por Caldwell, en el que el individuo permanece en la misma posición mencionada en el protocolo de Mathiowetz, la diferencia es que se le pide realizar su fuerza máxima, la cual debe mantener por tres segundos, y se registra el valor máximo obtenido (Caldwell, y otros, 1974).

El Protocolo de Caldwell es uno de los más aceptados para la medición de fuerzas (Fernández et al., 2010). Las instrucciones de este protocolo consisten en:

- 1) Generar fuerza gradualmente los primeros 3 segundos
- 2) Durante los últimos 2 segundos sostener dicha fuerza.

Materiales y Métodos

Diseño

El estudio será de tipo descriptivo, observacional, transversal y prospectivo y se llevará a cabo para determinar el perfil antropométrico de fuerzas de la población activa del estado de Chihuahua. Se dividirá a la población en grupos etarios y sexo, de los cuales se seleccionarán solamente dos de ellos para la toma de mediciones: 18 a 24 años y 18 a 65 años. Se tomarán las fuerzas que posteriormente se capturarán y analizarán con el fin de generar una guía para el diseño de trabajos y herramientas.

Participantes

La muestra será incidental y estará conformada por participantes voluntarios que pertenecen, mínimo, a la segunda generación nacida dentro del estado de Chihuahua. A cada candidato se le entregará y explicará una hoja de consentimiento informado, para que esté enterado de la importancia de su participación en el proyecto, así como de las implicaciones y beneficios del mismo. Si la persona está de acuerdo en participar, entonces él y un testigo deberán firmar la hoja de consentimiento.

Materiales y equipos

- Hoja de consentimiento informado
- Formato de información demográfica y captura de datos
- Dinamómetro de agarre
- Dinamómetro de pinzamiento

- Cronómetro
- Microsoft® Excel (2013)
- Minitab® (2014)

Método

Se realizará una certificación en antropometría y medición de fuerzas para garantizar la correcta toma de las muestras. Posteriormente se seleccionarán universidades y empresas en las que se pretende realizar el proyecto.

Una vez obtenida la autorización, se hará la selección de participantes y la firma de hojas de consentimiento, para después proceder a realizar la toma de mediciones de fuerza utilizando el equipo de medición necesario y aplicando el protocolo de Caldwell (Caldwell et al., 1974).

De acuerdo a la literatura revisada (Armstrong, 2002), (Kumar, 2001), (Kumar, 2002), (Domalaina, 2008), (Muñoz, de la Vega, Lopez, Ortiz, & Lucero, 2009) se tomarán los siguientes esfuerzos musculares máximos voluntarios:

- Fuerza de agarre: Con la mano derecha, el brazo-antebrazo flexionado a 90°, sujetando el dinamómetro de manera que se apoye en la palma de la mano y se ejerza la fuerza con las falanges medias, se realizarán tres esfuerzos, con un periodo de descanso de 2 minutos entre cada uno, y se calcula el promedio de los tres.

- Fuerza de empuje: sujetando el dinamómetro con la mano derecha, brazo-antebrazo a 90° en posición de pie, se efectuarán tres esfuerzos con un periodo de descanso de 2 minutos entre cada uno, y se calcula el promedio de los tres.
- Fuerza de prensión digital: Sujetando el dinamómetro digital entre los dedos pulgar, índice y medio, se realizarán 3 esfuerzos máximos, con un periodo de descanso de 2 minutos entre cada uno, y se calcula el promedio de los tres.

Análisis estadístico

Al terminar con la toma de mediciones se realizará la captura, revisión, corrección y procesamiento de los datos, estos serán analizados en los software Microsoft® Excel (2013) y Minitab® (2014). Primero se elaborará una matriz de análisis para realizar el análisis estadístico, se efectuarán pruebas de normalidad, además de generar medidas de tendencia central, de dispersión, percentiles (5, 50 y 95) y finalmente se generarán cartas antropométricas de fuerza para cada grupo etario seleccionado y sexo.

Resultados

Con este proyecto se pretende generar tablas antropométricas de las fuerzas de agarre y pinzamiento de la población activa del estado de Chihuahua. La finalidad es que sirvan como una guía que pueda aplicarse en el diseño de trabajo y

herramientas, de forma que éste sea óptimo y se disminuyan los riesgos de sufrir lesiones musculoesqueléticas.

Referencias

Armstrong, T. (2002). *Biomechanics of hand work: force*. Michigan, EU: University of Michigan.

Bernard, B.P., (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*. National Institute of Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH.

Bridger, R. S. (1995). *Introduction to Ergonomics*. United States of America: McGRAW-HILL.

Caldwell, L.S., Chaffin, D.B., Dukes-Dobos, F.N., Kroemer, K.H.E., Laubach, L.L., Snook, S.H., y Wasserman, D.E. (1974). A proposed

Standard Procedure for Static Muscle Strength Testing, *American Industrial Journal*, 35, 201-206.

Chen, W., Austin, A.A., Brooks, R.E., Carter, H.C., Morgan, M.K., Sanders, D.J., Swan, C.A. y Vanderslice, A.L. (2010). Maximum Grip Strength in Normal Subjects from 20 to 64 years of age. Recuperado el 2 de Septiembre de 2014 de Science Direct.

Ding, H., Leino-Arjas, P., Murtomaa, H., Takala, E. y Solovieva, S. (2013). Variation in work tasks in relation to pinch grip strength among middle-aged female dentists. *Applied Ergonomics*, 44, 977-981. Recuperado el 2 de Septiembre de 2014 de Science Direct.

Fernández, J.E., Marley, R.J., Noriega, S. e Ibarra, G. (2010). *Ergonomía Ocupacional: Diseño y Administración del Trabajo*. Ciudad Juárez, Chihuahua, México: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Ibarra, G., Fernández, J., Marley, R., Noriega, S., Ware, B., y Torres, V. Grip and Pinch Strength in Northern Mexican Adults. En: *Annual World Conference of the Society for Industrial and Systems Engineering (2°, 2013, Las Vegas, Nevada, USA)*. Las Vegas, Nevada, USA, 2013. pp.169-174.

Ibarra-Mejía, G., Fernandez, J.E., Marley, R.J., Ware, B.F., Vazquez-Salinas, A.G., y Navarro-Hernandez, I. (2012). Differences in hand and key pinch strength between sitting and standing positions in a sample of healthy Mexican young adults. En: *The 1st Industrial And Systems Engineering World Conference Proceedings*, p. 134-138.

Ibarra-Mejía, G., Fernandez, J.E., Ware, B.F., Mital, A., Marley, R.J., Gomez-Bul, K.G., y Salinas-López, I.N. (2010). Power and pinch grip assessment in a group of healthy Mexican workers. En: *Proceedings of the 15th Annual International Conference on Industrial Engineering Theory, Applications and Practice*, p. 506-511.

Ibarra-Mejía, G., Muñoz, G.E., Najera, M., Lopez-Jimenez, S., Fernandez, J.E., Marley, y R.J., Noriega, S.A. (2009). Power and pinch grip assessment in a group of healthy Mexican Young adults. En: *Proceedings of the XXIst Annual International Occupational Ergonomics and Safety Conference*, p. 129-125.

Kroemer, K.H.E. (2003). Human Strength Evaluation. En Karwowski, W. y Marras, W.S. (Ed.), *Occupational Ergonomics: Principles of Work Design* (pp.11-1 - 11-23). Boca Raton, FL: CRC Press.

Kumar, S. (2001). Theories of musculoskeletal injury causation *Ergonomics* 44 , 17-47.

Kumar, S. (2002). *Muscle Strength*. CRC Press.

Liu, W.C.V., Sanchez, D. y Parga, G. (1999). Anthropometry of female maquiladora workers. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 24, 273-280.

M. Domalaina, L. V. (2008). Effect of object width on precision grip force and finger posture. *Ergonomics* , 1441-1453.

Mathiowetz, V., Kashman, N., Volland, G., Weber, K., Dowe, M. & Rogers, S. (1985). Grip and Pinch Strength: Normative Data for Adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 66, 69-72.

Melchor, M., Figueroa, V., Martínez, J., Ríos, A., Vázquez, J., Hernández, M., Baeza, R., Hernández, S., Goytia, S., García, D., Hernández, J., Ibarra, G., Hernández, M., Echeverría, J., López, J. y Casique, A. (2012). *Ingeniería Industria para Ingenieros no Industriales*. Celaya, Gto.

Microsoft®. (2013). Microsoft Excel (365) [software]. Retrieved from <http://office.microsoft.com/>

Minitab®. (2014). Minitab (17) [software]. Retrieved from <http://www.minitab.com/>

Muñoz, L., de la Vega, E., Lopez, F. O., Ortiz, B. A., & Lucero, K. (2009). Fuerza máxima de agarre con mano dominante y no dominante. XV Congreso Internacional de Ergonomía SEMAC, 1-16.

Nilsen, T., Hermann, M., Eriksen, C.S., Dagfinrud, H., Mowinckel, P. y Kjekken, I. (2012). Grip force and pinch grip in an adult population: Reference values and factors associated with grip force. *Scandinavian Journal of Occupational Therapy*, 19, 288-296. Recuperado el 2 de Septiembre de 2014 de Science Direct.

Pheasant, S., y Haslegrave, C. (2006). *Bodyspace: Anthropometry, ergonomics and the design of work*. Boca Raton, FL: CRC Press.

Salinas, I., Vargas, C., Aveytia, B. e Ibarra, M. (2010). Determinación del nivel óptimo de abertura de dinamómetro hidráulico manual para la medición de fuerza máxima de agarre. Recuperado el 10 de Octubre de 2014.

Schlusssel, M.M., Dos Anjos, L.A., Leite de Vasconcellos, M.T., & Kac, G. (2008). Reference values of handgrip dynamometry of healthy adults: A population-based study. *Clinical Nutrition*, 27, 601-607.

Seo, N.J., Engel, A.K. y Enders, L.R. (2011). Grip Surface Affects Maximum Pinch Force. *Human Factors*, 53, 740-748. Recuperado el 2 de Septiembre de 2014 de Science Direct.

University of Nottingham. (2000). Strength Data for Design and Safety. Disponible en: <http://www.berr.gov.uk/files/file21830.pdf>

Walker, A.L. y Nicolay, C.W. (2005). Grip Strength and endurance: Influences of anthropometric variation, hand dominance, and gender. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35, 605-618. Recuperado el 2 de Septiembre de 2014 de Science Direct.

Wu, S., Wu, S., Liang, H., Wu, Z. y Huang, S. (2008). Measuring factors affecting grip strength in a Taiwan Chinese population and a comparison with consolidated norms. *Applied Ergonomics*, 40, 811-815. Recuperado el 2 de Septiembre de 2014 de Science Direct.