

DETERMINACIÓN DE FUERZA DE AGARRE Y ANTROPOMETRÍA DE LA MANO EN UNA MUESTRA DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS

Perla Lizeth Barraza Pantoja¹, Víctor Hugo Herrera Olvera²,
Jorge Macías Rosales³, Martha Selena Espinal Andrade⁴
MI. Karla Gabriela Gómez Bull⁵

Resumen—El presente trabajo contiene los resultados de un estudio piloto realizado para crear un perfil de fuerza de agarre para una población de estudiantes universitarios. El diseño de la investigación es de tipo descriptivo, experimental y transversal, se realizó en una muestra de 30 estudiantes del norte de México, con una media de 20 ± 1 años, la fuerza de agarre fue estimada utilizando un dinamómetro hidráulico Jamar con 5 niveles de abertura, los datos antropométricos fueron obtenidos con el equipo de antropometría Rosscraft. Los resultados arrojaron que el nivel 2 es el que se aplica mayor fuerza, se obtuvo un máximo de 36.7 kgF para los hombres y 21.7 kgF para las mujeres, además se encontró que existe una relación baja entre la aplicación de fuerza y los rangos de movimiento cubital y radial de la muñeca. Se llevaron a cabo pruebas de ANOVA con las cuales se determinó que la media de la fuerza aplicada en los 5 niveles de abertura no es la misma. Estos datos sirven como base para estudios futuros, que ayuden a ampliar la información obtenida y pueda ser utilizada para el diseño de herramienta en la que se aplique este tipo de fuerza, evitando lesiones músculo-esqueléticas.
Palabras clave—fuerza de agarre, antropometría, biomecánica.

Introducción

La mano es considerada como uno de los segmentos de mayor eficiencia, una de sus principales funciones es la prensión o el agarre, y gracias a la variedad de movimientos que es capaz de realizar es que juega un papel significativo dentro de la satisfacción ocupacional (Escalona, Naranjo, Lagos, & Solís, 2009). La fuerza es definida como la tensión que un músculo puede oponer a una resistencia en un esfuerzo (Hincapié, 2007) La fuerza de agarre es aquella que ocurre cuando se sujeta un objeto entre el dedo pulgar y/o todos los dedos y la palma de la mano (Ramírez & Angarita, 2009) En el contexto laboral se desarrollan actividades, de las cuales una gran cantidad emplean movimientos con aplicación de agarre, es por esto que resulta importante llevar a cabo investigaciones que se ayuden a identificar las capacidades físicas de las personas involucradas, así como los aspectos biomecánicos que intervienen en este tipo de fuerza (Nicolay & Walker, 2005).

Desde el punto de vista biomecánico, la estimación de la fuerza muscular de los trabajadores en la industria puede ayudar a predecir la capacidad física que tienen las personas en un trabajo, sin que presente alguna lesión (Chaffin, 1975). La fuerza de agarre es uno de los factores que puede contribuir a los riesgos laborales que generan lesiones músculo-esqueléticas en el miembro superior, generando además la reducción de la productividad de los trabajadores (Nicolay & Walker, 2005; Eksioğlu, 2004).

Cuando las personas utilizan herramientas manuales con aplicación de fuerza excesiva y repetitiva, se genera disconfort, fatiga muscular y en algunos casos trastornos músculo-esqueléticos (Kim, Choi, Lee, & Kong, 2016). De aquí que el uso de los datos acerca de fuerza y antropometría de la mano, son fundamentales para el diseño de productos (Nurul, Siti, & Case, 2015; Imrhan, 2000). Además, el monitoreo de este tipo de fuerzas se considera como parte de la estrategia de las organizaciones para prevenir la presencia de este tipo de lesiones en sus trabajadores (McDowell, Wimer, Welcome, Warren, & Dong, 2012). Existen diferentes factores que pueden afectar la aplicación de fuerza muscular, como lo son: las instrucciones proporcionadas al participante durante la prueba, la duración de la prueba, la postura y el tiempo de recuperación proporcionado entre las mediciones, entre otros (Chaffin, 1975).

¹ Perla Lizeth Barraza Pantoja, alumna del programa de Ingeniería Industrial y de Sistemas en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez al150139@alumnos.uacj.mx.

² Víctor Hugo Herrera Olvera, alumno del programa de Ingeniería Industrial y de Sistemas en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez al137560@alumnos.uacj.mx.

³ Jorge Macías Rosales, alumno del programa de Ingeniería Industrial y de Sistemas en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez al138052@alumnos.uacj.mx.

⁴ Martha Selena Espinal Andrade, alumna del programa de Ingeniería Industrial y de Sistemas en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez al137175@alumnos.uacj.mx.

⁵ MI. Karla Gabriela Gómez Bull, es Profesora de Tiempo completo en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, en el Instituto de Ingeniería y Tecnología, en el programa de Ingeniería Industrial y de Sistemas karla.gomez@uacj.mx.

Es por eso que este trabajo tiene como propósito el conocer la fuerza de agarre que una muestra de estudiantes puede aplicar bajo ciertas condiciones, así como determinar la relación existente entre ésta con las dimensiones antropométricas y rangos de movimiento de la muñeca. De forma que se pueda estimar cuales son las características biomecánicas de la muestra y qué diferencias existen entre las fuerzas medidas.

Metodología

El diseño de la presente investigación es de tipo descriptivo, experimental y transversal. Entre los materiales utilizados se encuentra el dinamómetro hidráulico Jamar, el cual es de los más utilizado para la estimación de la fuerza de agarre (McDowell, Wimer, Welcome, Warren, & Dong, 2012) y el equipo de antropometría Rosscraft para obtener las medidas antropométricas de la mano. Se tomó una muestra a conveniencia de estudiantes universitarios del Norte de México, a los cuales se les invitó a formar parte del estudio, explicándoles el propósito del mismo y que no tenía ningún riesgo para su salud. Una vez que aceptaban participar se les pidieron sus datos demográficos tales como edad y género, se les tomaron medidas antropométricas de la mano dominante; longitud, ancho y ancho máximo de la mano, tal como se muestra en la figura 1.

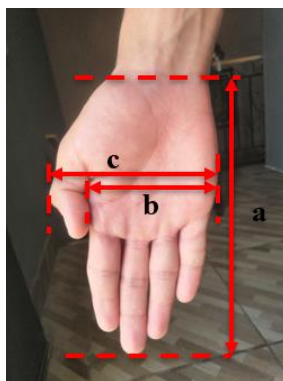


Figura 1. Medidas antropométricas: a) longitud de la mano, b) ancho de la mano, c) ancho máximo de la mano.

Enseguida fueron medidos los rangos de movimiento de la muñeca: flexión, extensión, desviación radial y cubital, con el uso del inclinómetro de burbuja Baseline®, mismo que muestra en la figura 2. Una vez obtenidos los datos anteriores, se midió la fuerza de agarre siguiendo el protocolo de Caldwell, el cual consiste en aplicar la fuerza máxima durante un periodo de tres segundos y sostener la misma por dos segundos, se utilizó este protocolo ya que es uno de los más aceptados para este tipo de estudios (Caldwell, 1974). Luego se les pidió a los participantes que indicaran cuál era su mano dominante, y en ésta se midió la fuerza de agarre en los cinco niveles de apertura del dinamómetro mostrado en la figura 2, entre cada medición se otorgaron de 2 a 3 minutos de descanso para que la fuerza no se viera afectada por la fatiga muscular. Se elaboró una base de datos con la información recabada, para obtener estadísticos descriptivos por medio del software Minitab 17®.

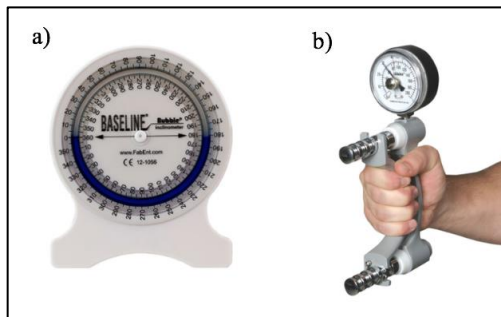


Figura 2. Instrumentos de medición: a) Inclinómetro de burbuja, b) dinamómetro Jamar.
Fuente: (AliMed, 2019; Fabrication Enterprises Inc., 2019)

Resultados

En la tabla 1 se muestran los datos antropométricos de la mano, se puede observar que los hombres en promedio sobrepasaron las dimensiones con una longitud de la mano de 18.3086 cm, mientras que las mujeres tuvieron 16.8285 cm. Se puede apreciar que para el ancho de la mano y ancho máximo los hombres tienen dimensiones mayores, obteniendo para estas dimensiones 8.3739 cm y 9.9391 cm respectivamente, mientras que las mujeres midieron en promedio 7.5714 cm y 8.8571 cm. Lo mismo pasa con los rangos de movimientos de la muñeca; se obtuvo una flexión de 74.5652 grados para los hombres y 73.5714 grados para las mujeres. De extensión 74.5652 grados para los hombres y 63.5714 grados para las mujeres. Así mismo la desviación radial y cubital con 46.3813 grados y 53.2608 grados para los hombres y 42.1428 grados y 50.7142 grados para las mujeres respectivamente. En la muestra tomada para este estudio, se puede ver que todas las dimensiones antropométricas y rangos de movimiento, los hombres tuvieron valores que se encontraron por encima de los resultados obtenidos por las mujeres.

Tabla 1. Datos antropométricos y rangos de movimiento de la mano

| Características | H | | M | |
|------------------------------|---------|----------|---------|----------|
| | μ | σ | μ | σ |
| | n= 23 | | n= 7 | |
| Longitud de la mano (cm) | 18.3086 | 0.5791 | 16.8285 | 0.6156 |
| Ancho de la mano (cm) | 8.3739 | 0.6069 | 7.5714 | 0.3592 |
| Ancho máximo de la mano (cm) | 9.9391 | 0.6753 | 8.8571 | 0.4353 |
| Flexión (grados) | 74.5652 | 15.5148 | 73.5714 | 7.4801 |
| Extensión (grados) | 74.5652 | 19.7664 | 63.5714 | 15.4688 |
| Desviación radial (grados) | 46.3913 | 14.3169 | 42.1428 | 9.0632 |
| Desviación cubital (grados) | 53.2608 | 11.2420 | 50.7142 | 9.3222 |

La información recolectada respecto a la fuerza de agarre se encuentra contenida en la tabla 2, donde se puede apreciar que el nivel que obtuvo mayor aplicación de fuerza fue el nivel 2 tanto para hombres como para con 36.7826±9.3222 kgF y 21.7142±5.8227 kgF respectivamente. Seguido del nivel 3, en el cual los hombres aplicaron una fuerza promedio de 34.2173±8.8469 kgF, mientras que las mujeres obtuvieron un valor de 20.4285±6.0513 kgF. Por otra parte, el nivel del dinamómetro que obtuvo menor fuerza registrada tanto para hombres como para mujeres fue el nivel 5, los primeros aplicaron un promedio de fuerza de 24.0869±7.3602 kgF y las mujeres 12.5714±4.9617 kgF

Tabla 2. Fuerza de agarre de la muestra

| Abertura del dinamómetro | H | | M | |
|--------------------------|---------|----------|---------|----------|
| | μ | σ | μ | σ |
| | n= 23 | | n= 7 | |
| Nivel 1 | 27.9565 | 8.3419 | 18.1428 | 6.5173 |
| Nivel 2 | 36.7826 | 9.3222 | 21.7142 | 5.8227 |
| Nivel 3 | 34.2173 | 8.8469 | 20.4285 | 6.0513 |
| Nivel 4 | 30.0000 | 8.5173 | 16.4285 | 5.3184 |
| Nivel 5 | 24.0869 | 7.3602 | 12.5714 | 4.9617 |

Se realizó una correlación entre el nivel que presentó mayor aplicación de fuerza (nivel 2) y los rangos de movimiento de la muñeca (flexión, extensión, desviación radial y cubital). Los resultados se muestran en la tabla 3, se encontró una relación moderada en la extensión con 0.406, baja en flexión y desviación cubital con 0.279 y 0.218 respectivamente y muy baja en desviación radial con 0.185. El coeficiente de Pearson referente a la extensión de la muñeca con respecto al nivel 2 del dinamómetro, es el que presenta mayor relación con un valor de 0.406, indicando con esto que la relación entre las dos variables mencionadas es media. El caso contrario a la desviación radial, ya que se obtuvo un coeficiente de Pearson de 0.185 indicando una relación casi nula entre estas variables (Pértegas Diaz, 2002).

Tabla 3. Correlaciones entre rangos de movimiento y nivel 2 de dinamómetro

| | Flexión | Extensión. | Desv. Radial | Desv. Cubital |
|---------|---------|------------|--------------|---------------|
| Nivel 2 | 0.279 | 0.406 | 0.185 | 0.218 |
| | 0.134 | 0.026 | 0.326 | 0.246 |

Se llevó a cabo una prueba de Análisis de Varianza (ANOVA) contenida en la tabla 4, de acuerdo a los resultados obtenidos, se encontró que existe diferencia significativa entre los 5 niveles de abertura del dinamómetro. El valor de F es 7.01 y la significancia es 0.000. Al ser la significancia menor a $\alpha = 0.05$ se puede concluir que al menos una de las aberturas es diferente, es decir, la media de la fuerza aplicada en los 5 niveles de abertura no es la misma, esto indica que el nivel de abertura es un factor que influye sobre la aplicación de fuerza.

Tabla 4. Análisis de Varianza

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|--------|-----|-----------|-----------|---------|---------|
| Factor | 4 | 2593 | 648.23 | 7.01 | 0.000 |
| Error | 145 | 13404 | 92.44 | | |
| Total | 149 | 15997 | | | |

Conclusiones

Los resultados demuestran que el nivel de abertura en el que se aplica mayor cantidad de fuerza es el nivel 2, las mujeres pudieron aplicar 21.7142 kgF, mientras que los hombres 36.7826 kgF, indicando valores significativos entre los hombres y mujeres en cada nivel. A través del análisis estadístico, se identificó que existe una diferencia significativa entre los 5 niveles de abertura del dinamómetro, es decir, al menos una de las aberturas es diferente, indicando además que el nivel de abertura tiene un efecto significativo sobre la fuerza de agarre ejercida.

La implementación de los resultados encontrados en este tipo de estudios, favorecen en la reducción de la presencia de lesiones músculo-esqueléticas, incrementando la productividad y el bienestar de los trabajadores (Kattel, Fredericks, Fernandez, & Lee, 1996), ya que los principios biomecánicos indican que el riesgo de adquirir un desorden traumacumulativo en el miembro superior, puede ser mitigado a través del diseño de herramientas manuales que reduzcan el esfuerzo manual (Grant, Habes, & Steward, 1992) y que permitan maximizar el desempeño y confort de las asas en las herramientas (Lee, Kong, Lowe, & Song, 2009).

Como lo mencionan Ramírez y Angarita (2009), es de vital importancia que este tipo de estudios se desarrollen, teniendo en cuenta parámetros como edad, género, mano dominante, características físicas del miembro superior, tipo de ocupación, entre otros datos, que permitan contar con información acerca de las limitaciones de una población en específico, y que sirvan como base para establecer o comparar estándares entre distintas poblaciones.

Recomendaciones

Se recomienda para estudios futuros analizar la fuerza de agarre en diferentes posturas del codo y hombro, así como su relación con la fuerza de pinzamiento. Además de ampliar la muestra, incluyendo más categorías de edad, para ver si esta variable demográfica es un factor que influye sobre la fuerza aplicada. También se recomienda realizar el estudio con población industrial que realicen trabajos donde se aplique este tipo de fuerza. Respecto a las medidas antropométricas se sugiere estudiar la relación del espesor de la mano con la aplicación de fuerza, así como la circunferencia de agarre.

Referencias Bibliográficas

- AliMed. (2019). *AliMed*. Recuperado el Mayo de 2019, de Jamar Dynamometers: <https://www.alimed.com/jamar-dynamometers.html>
- Caldwell, L. C. (1974). A proposed Standard Procedure for Static Muscle Strength. *American Industrial Journal*, 201-206.
- Chaffin, D. (1975). Ergonomics Guide for the Assessment of Human Static Strength. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 36(7), 505-511.
- Escalona, P., Naranjo, J., Lagos, V., & Solís, F. (2009). Parámetros de normalidad en fuerzas de prensión de mano en sujetos de ambos sexos de 7 a 17 años de edad. *Revista Chilena de Pediatría*, 435-443.
- Eksioglu, M. (2004). Relative optimum grip span as a function of hand anthropometry. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 34(1), 1-12.
- Fabrication Enterprises Inc. (2019). *FEI*. Recuperado el Enero de 2019, de Baseline Bubble Inclinometer: <https://www.fab-ent.com/evaluation/range-of-motion/baseline-bubble-inclinometer/>
- Grant, K., Habes, D., & Steward, L. (1992). An analysis of handle designs for reducing manual effort: The influence of grip diameter. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 10(3), 199-206.
- Hincapié, O. (2007). Elaboración de estándares de la fuerza de agarre en individuos sanos entre 20 y 70 años residentes en la localidad de Usaqué, Bogotá. *Revista Colombiana de Rehabilitación*, 5-20.
- Imrhan, S. (2000). The influence of grip width on two-handed grip strengths in females. 25(2), 187-194.
- Kattel, B., Fredericks, T., Fernandez, J., & Lee, D. (1996). The effect of upper-extremity posture on maximum grip strength. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 18(5), 423-429.
- Kim, D.-M., Choi, K.-H., Lee, S.-Y., & Kong, Y.-K. (2016). Study on the grip spans of combination pliers in a maximum gripping task. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 54, 42-47.
- Lee, S.-J., Kong, Y.-K., Lowe, B., & Song, S. (2009). Handle grip span for optimising finger-specific force capability as a function of hand size. *Ergonomics*, 52(5), 601-608.
- McDowell, T., Wimer, B., Welcome, D., Warren, C., & Dong, R. (2012). Effects of handle size and shape on measured grip strength. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 42, 199-205.
- Nicolay, C., & Walker, A. (2005). Grip strength and endurance: Influences of anthropometric variation, hand dominance, and gender. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 605-618.
- Nurul, M., Siti, M., & Case, K. (2015). The relationship between anthropometry and hand grip strength among elderly Malaysians. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 50, 17-25.
- Pértegas Diaz, S. P. (2002). Determinación del tamaño muestral para calcular la significación del coeficiente de correlación lineal. *Metodología de la Investigación*, 6.
- Ramírez, P., & Angarita, A. (2009). Fuerza de agarre en trabajadores sanos de Manzales. *Revista Colombiana de Rehabilitación*, 109-118.

Notas Biográficas

Perla Lizeth Barraza Pantoja, Víctor Hugo Herrera Olvera, Jorge Macías Rosales, Martha Selena Espinal Andrade, son alumnos activos del programa de Ingeniería Industrial y de Sistemas, cursando el nivel avanzado de su carrera, en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez en Ciudad Universitaria, mismos que se encuentran prestando su servicio social en el laboratorio de Ergonomía donde realizaron las pruebas para el presente estudio.

La **MI. Karla Gabriela Gómez Bull** es Maestra en Ingeniería Industrial por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez y Profesora de Tiempo Completo de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, adscrita al Instituto de Ingeniería y Tecnología en Campus Ciudad Universitaria, en el Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura, en el programa de Ingeniería Industrial y de Sistemas.