

FUERZA DE PINZAMIENTO EJERCIDA POR UNA MUESTRA DE JÓVENES UNIVERSITARIOS

Jorge Macías Rosales¹, Perla Lizeth Barraza Pantoja²,
Víctor Hugo Herrera Olvera³, Martha Selena Espinal Andrade⁴,
M.I. Karla Gabriela Gómez Bull⁵

Resumen— En el siguiente trabajo se presentan los resultados obtenidos de un estudio de fuerzas de pinzamiento y datos antropométricos de la mano. Esta investigación es de tipo descriptivo, experimental y transversal, fue llevada a cabo con una muestra de 30 jóvenes universitarios de 20 ± 1 años, esta fuerza fue medida a través de un dinamómetro hidráulico para pinzamiento Jamar, y se utilizó también el equipo de antropometría Rosscraft. Como resultado se obtuvo que en el pinzamiento Lateral es en el que se aplica mayor fuerza, con una media de 9.21kgf, seguida por el pinzamiento chuck con 7.95 kgf. Se encontró que el pinzamiento tipo lateral y chuck son los que tienen mayor relación, obtuvieron un coeficiente de Pearson de 0.762. Al realizar la prueba de Anova, se encontró con el análisis estadístico que existe diferencia entre los tipos de pinzamiento, siendo el pinzamiento Lateral con la mayor diferencia con respecto al pinzamiento Tip y Pulp. A partir de los resultados obtenidos en este trabajo, se puede iniciar con la elaboración de bases de datos, que puedan ser utilizados por diseñadores y organizaciones, para adaptar herramientas manuales a las capacidades de sus trabajadores. **Palabras clave**— fuerza de pinzamiento, biomecánica, ergonomía.

Introducción

La mano humana tiene una estructura anatómica muy sofisticada y compleja, que se ajusta para realizar una diversidad de funciones que van desde muy finos movimientos y sensibles, hasta ejercer fuerzas considerables, la capacidad de la mano para sostener y manipular objetos, así como ejercer fuerzas es una de sus funciones más importantes, por lo que cualquier alteración en esta habilidad puede conducir al deterioro de la capacidad para realizar gran parte de las actividades cotidianas y ocupacionales (Maleki-Ghahfarokhi, Dianat, & Feizi, 2019).

La fuerza muscular de la mano es comúnmente necesaria para ejercer fuerza en forma de pellizco (también conocido como agarre de precisión o fuerza de pinzamiento), agarre manual (fuerza) o torque en diferentes actividades (Maleki-Ghahfarokhi, Dianat, & Feizi, 2019). Dentro del ámbito industrial, las fuerzas de pinzamiento de la mano no solamente se utilizan para controlar objetos, sino para aplicar fuerza en objetos que son demasiado pequeños para el agarre mecánico, o donde existen restricciones de espacio, posturas incómodas y la orientación del objeto mantiene posturas desviadas en la muñeca (Imrhan, 1991). Este tipo de fuerza es generada a través de la combinación de los músculos intrínsecos y extrínsecos de la mano (Wachter, Mentzel, Krischak, & Gülke, 2017) La evaluación de la fuerza de la mano ha demostrado ser un método fiable y válido, para establecer parámetros objetivos, de forma que esto sirve para evaluar las características funcionales de la mano como parte del sistema musculoesquelético (Werle, y otros, 2009).

Existen diferentes tipos de fuerza de pinzamiento los cuales se definen de la siguiente manera: pinzamiento tip (es la punta del pulgar al índice de la yema del dedo), pinzamiento pulp (es la almohadilla del pulgar contra almohadilla del dedo índice), pinzamiento Chuck (es pulgar contra la yemas de los dedos índice y medio), pinzamiento lateral (es la almohadilla de pulgar para cara lateral de la falange media del dedo índice). (Maleki-Ghahfarokhi, Dianat, & Feizi, 2019; Mathiowetz, y otros, 1985; Shurrab, Mandahawi, & Sarder, 2017).

Existen varios factores que afectan la fuerza de pinzamiento, de los cuales uno de los más importantes son las variables antropométricas. Sin embargo, a diferencia de los estudios sobre la fuerza de agarre de la mano, solo unos pocos estudios se han centrado en la relación de las dimensiones antropométricas y rangos de movimiento de la

¹ Jorge Macías Rosales, alumno del programa de Ingeniería Industrial y de sistemas en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez george.ing@hotmail.com

² Perla Lizeth Barraza Pantoja, alumna del programa de Ingeniería Industrial y de Sistemas en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez al150139@alumnos.uacj.mx

³ Víctor Hugo Herrera Olvera, alumno del programa de Ingeniería Industrial y de sistemas en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez al137560@alumnos.uaj.mx

⁴ Martha Selena Espinal Andrade, alumna del programa de Ingeniería Industrial y de Sistemas en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez selena.eandrade@gmail.com

⁵ M.I. 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.

mano (Maleki-Ghahfarokhi, Dianat, & Feizi, 2019) , con lo que se pretende utilizar el coeficiente de correlación de Pearson (Mukaka, 2012) con el fin de conocer el nivel de correlación obtenido.

Los principios biomecánicos indican que el riesgo de desarrollar un desorden 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, es por esto, que la medición y evaluación de las fuerzas manuales puede ayudar a identificar el riesgo de sufrir estos desórdenes (Ramírez, Ibarra, & Guerra, 2015) .

Metodología

Esta investigación es de diseño descriptivo, experimental y transversal. Algunos de los materiales utilizados para llevar a cabo este trabajo fueron el inclinómetro de burbuja, para estimar los rangos de movimiento y el dinamómetro hidráulico de pinzamiento para medir la fuerza de pinza, mismos que se muestran en la Figura 1. Mientras que para la obtención de medidas antropométricas se utilizó el equipo de antropometría Rosscraft®.



Figura 1. Dinamómetro de pinzamiento e inclinómetro de burbuja.

La muestra utilizada para esta investigación fue tomada a conveniencia, estuvo conformada por 30 estudiantes universitarios, a los cuales se les invitó a que formaran parte del presente trabajo, primero se les explicó brevemente en qué consistían las pruebas, el tiempo aproximado que les tomaría, además de que no contaba con ningún riesgo para su salud. Se les proporcionó una hoja de consentimiento, donde aceptaban formar parte de la investigación, y si aceptaban formar parte del estudio, se procedía a pedirles datos demográficos tales como edad y género.

Enseguida se tomaron los datos antropométricos y de pinzamiento de la mano dominante. Para los datos antropométricos, se empleó el equipo de antropometría Rosscraft®, entre las dimensiones que se tomaron fueron: longitud de mano, ancho y ancho máximo de la mano, todas se registraron en las medidas antropométricas de la mano dominante en centímetros. Los rangos de movimiento de la muñeca fueron medidos con inclinómetro de burbuja BASELINE®, de las cuales las medidas tomadas fueron: flexión, extensión, desviación radial, desviación cubital, estas medidas fueron registradas en grados.



Figura 2. Tipos de pinzamientos: (a) lateral, (b) tip, (c) chuck, (d) pulp.

Una vez obtenidos los datos anteriores, se midió la fuerza de pinzamiento en sus diferentes tipos (como se muestra en la figura 2), con una posición de pie y con el codo a 90 grados, y se utilizó el dinamómetro hidráulico para pinza siguiendo el protocolo de Caldwell (Caldwell, y otros, 1974), la cual consiste en que el individuo debe ejercer fuerza gradual durante los primeros 3 segundos y seguido mantener la fuerza durante 2 segundos, entre cada medición se otorgaron de 2 a 3 minutos de descanso, para que los datos no se vieran afectados por la fatiga muscular. Con los resultados obtenidos de las pruebas se elaboró una base de datos, se utilizó el software software Minitab® (Minitab 17 Statistical Software, 2010) para realizar el análisis estadístico correspondiente.

Resultados

En la tabla 1 se muestran resultados obtenidos de la muestra, con respecto a la antropometría y rangos de movimiento de la mano, se puede observar que los hombres en promedio sobrepasaron las dimensiones como longitud de la mano con una media de 18.30 cm, mientras que las mujeres tuvieron 16.82 cm. Con respecto al ancho máximo de la mano los hombres obtuvieron una media de 9.93 cm, mientras que la media de las mujeres fue de 8.85 cm. En esta tabla también se observa que en todos los rangos de movimiento medidos en la muñeca, los hombres obtuvieron valores mayores a los de las mujeres, siendo la extensión de la mano la mayor, obteniendo un valor de 74.56° para los hombres, mientras que en las mujeres fue de 63.57°. En el caso de la desviación radial, este movimiento fue el que obtuvo menor rango de movimiento, el cual fue de 46.39° para los hombres y de 45.4° para las mujeres.

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

Características	H n=23		M n=7		Total n=30	
	μ	σ	μ	σ	μ	σ
Longitud de la mano (cm)	18.30	0.57	16.82	0.61	17.96	0.85
Ancho de la mano (cm)	8.37	0.60	7.57	0.35	8.18	0.65
Ancho máximo de la mano (cm)	9.93	0.67	8.85	0.43	9.68	0.77
Flexión (grados)	74.56	15.51	73.57	7.41	74.33	13.94
Extensión (grados)	74.56	19.76	63.57	15.46	72	19.19
Desviación radial (grados)	46.39	14.31	42.14	9.06	45.4	13.26
Desviación cubital (grados)	53.26	11.24	50.71	9.32	52.66	10.72

La información obtenida con respecto a la fuerza de pinzamiento para los distintos tipos se encuentra contenida en la tabla 2, donde se puede apreciar que el pinzamiento que obtuvo mayor aplicación de fuerza fue el pinzamiento lateral, tanto para hombres como para mujeres, los cuales tuvieron una media de 9.80 kgf y 7.25 kgf respectivamente. Seguido del pinzamiento chuck con 8.47 kgf para los hombres y 6.24 kgf para las mujeres. Por otra parte, el pinzamiento que tuvo los valores más bajos de fuerza para ambos géneros fue el tip, en el cual se registraron medias de 6.21 kgf en los hombres y 3.81kgf en las mujeres.

Tabla 2. Fuerza de pinzamiento de la muestra

Tipo de pinzamiento	H n= 23		M n=7		Total n=30	
	μ	σ	μ	σ	μ	σ
Tip (kgf)	6.21	1.41	3.81	1.03	5.65	1.67
Pulp (kgf)	7.34	1.90	5.25	1.014	6.86	1.94
Chuck (kgf)	8.47	1.97	6.24	0.81	7.95	2.00
Lateral (kgf)	9.80	2.06	7.25	0.91	9.21	2.14

Los resultados de la prueba de ANOVA con respecto a los tipos de pinzamientos se encuentran contenidos en la tabla 3, donde se aprecia que con el P-value obtenido es de 0.000 y con un nivel de significancia del 0.05, con esto existe suficiente evidencia estadística para decir que al menos un tipo de pinzamiento es diferente. Esto quiere decir que la fuerza ejercida en cada uno de los cuatro pinzamientos medidos, no es la misma.

Tabla 3. ANOVA para tipos de pinzamiento

DF	DF den	F-value	P-value
3	64.1872	0.062	0.000

De acuerdo a los resultados mencionados en la prueba de ANOVA, y al observar la existencia de diferencias significativas en la fuerza ejercida en los cuatro tipos de pinzamiento, se procedió a realizar una prueba de Tukey. Los resultados de esta prueba se muestran en la Figura 3. Se encontró que los pinzamientos pulp-tip, chuck-pulp, y lateral-chuck, no tienen diferencia significativa entre sí. Por el contrario, los resultados muestran que la fuerza ejercida en el pinzamiento tip es diferente a la obtenida en las pinzas chuck y lateral, al igual que la fuerza de pinzamiento en el tipo pulp es diferente a la ejercida en la lateral.

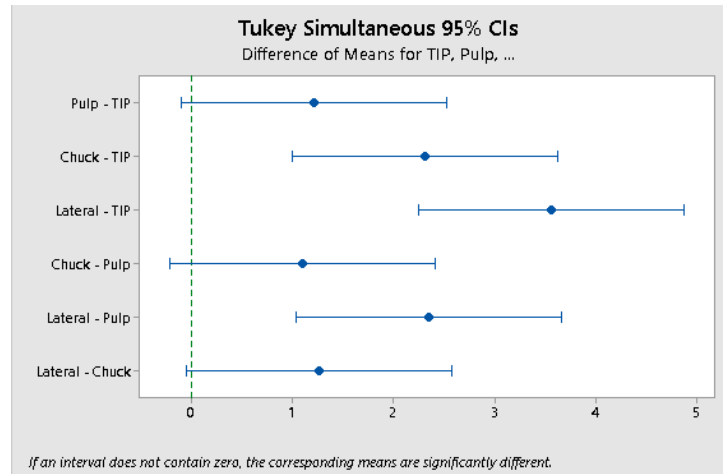


Figura 3. Prueba Tukey para las fuerzas de pinzamiento.

La correlación entre los tipos de pinzamiento se muestra en la tabla 4, donde se puede observar que los pinzamientos chuck y lateral son los que tiene mayor relación uno con otro, esto determinó con el coeficiente de Pearson (Mukaka, 2012), el cual fue de 0.762, esto indica que la relación entre estos dos pinzamientos es fuerte. También se encontró que el pinzamiento pulp y lateral tuvieron una relación moderada, ya que su coeficiente fue de 0.655. Por el contrario, la correlación más baja que se encontró fue la obtenida entre la fuerza de pinzamiento tip y chuck, con un coeficiente de Pearson de 0.409.

Tabla 4: Correlación entre tipos de pinzamiento

	Tip	Pulp	Chuck
Pulp	0.549		
Chuck	0.409	0.637	
Lateral	0.612	0.655	0.762

De igual manera se realizó una correlación para los datos antropométricos y rangos de movimiento contra las fuerzas de pinzamiento, para determinar cuál de estas características físicas podía estar relacionada con la fuerza ejercida. Estos datos se encuentran contenidos en la tabla 5. Dentro de lo más destacado, se encontró que el ancho de la mano tiene mayor relación con respecto los pinzamientos chuck y lateral, los cuales obtuvieron un coeficiente de Pearson de 0.664 y 0.657 respectivamente, con una correlación moderada. Otra de las dimensiones antropométricas con mayor relación, fue el ancho máximo de la mano con los pinzamientos chuck y lateral, con un coeficiente de Pearson de 0.649 y 0.573 respectivamente.

Tabla 5: Correlación entre tipos de pinzamiento y rangos de movimiento

	Tip	Pulp	Chuck	Lateral
Longitud de mano	0.416	0.434	0.474	0.408
Ancho	0.466	0.487	0.664	0.657
Ancho máximo	0.444	0.445	0.649	0.573
Flexión	-0.018	0.242	0.397	0.365
Extensión	-0.063	0.308	0.382	0.399
Desviación radial	0.072	0.265	0.256	0.243
Desviación Cubital	-0.086	0.147	0.102	0.009

Conclusiones

Los resultados demuestran que la fuerza de pinzamiento en el que se aplica mayor cantidad de fuerza es el pinzamiento lateral, las mujeres pudieron aplicar 7.25 kgf, mientras que los hombres, indicando valores 9.80 kgf. Por otro lado, Generalizando los datos de hombres y mujeres para fuerza de pinzamiento, se observó que en el pinzamiento lateral se obtuvo una fuerza mayor promedio de 9.21 kgf, seguido por el chuck con 7.95 kgf, y el pulp con 6.86 kgf, siendo el pinzamiento tip con el menor valor, con una fuerza de pinzamiento de 5.65kgf.

A través del análisis estadístico, se identificó que al menos una fuerza de pinzamiento era diferente, siendo el pinzamiento lateral el de mayor diferencia. Cabe aclarar que el pinzamiento lateral tiene correlación fuerte con el pinzamiento chuck con un coeficiente Pearson de 0.762, con respecto a las dimensiones antropométricas y rangos de movimiento, se considera que el ancho de la mano y el ancho máximo de la mano, tiene una correlación moderada con respecto a la fuerza de pinzamiento chuck y lateral, que nos dice es un factor que puede ser tomado en cuenta para el diseño de equipos.

A pesar del avance de la ciencia, la tecnología y la industrialización, las tensiones físicas ocupacionales han cambiado de manera significativa. Por lo tanto, la mano no fue diseñada para cumplir las tareas del día en día. Como tal, la demanda de fuerza de esfuerzo, repetición de las actividades o el adoptar algunas posturas durante incómodas durante periodos prolongados, puede producir fatiga y/o lesiones musculoesqueléticas (Kumar, 2001) .

Por eso con presente estudio se pretenden generar tablas antropométricas de la fuerza de pinzamiento , dimensiones antropométricas y rangos de movimiento de la mano con la finalidad de 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 (Ramírez, Ibarra, & Guerra, 2015).

Recomendaciones

Como recomendación se considera hacer un estudio con mayor número de participantes, debido a que la muestra era pequeña, a su vez se considera que se realice con trabajadores del área industrial, de diferentes áreas y edades, con el fin de ampliar el rango de la investigación, también debe considerarse el analizar el efecto de la mano dominante, incluyendo en la muestra personas diestras y zurdas, para determinar si esto influye también sobre la fuerza de pinzamiento ejercida y potenciar el estudio.

Referencias

- Caldwell, L., Chaffin, D., Dukes-Dobos, F., Kroemer, K., Laubach, L., Snook, S., & Wasserman, D. (1974). A proposed Standard Procedure for Static Muscle Strength Testing. *American Industrial Journal*, 201-206, 35.
- Imrhan, S. (1991). The influence of wrist position on different types of pinch strength. *Applied ergonomics*, 379-384.
- Kumar, S. (2001). Theories of musculoskeletal injury causation. *ERGONOMICS*, 44, 1, 17-47.
- Maleki-Ghahfarokhi, A., Dianat, I., & Feizi, H. (2019). Influences of gender, hand dominance, and anthropometric characteristics. *Applied Ergonomics*, 79, 9-16. doi:https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.04.002.
- Mathiowetz, V., Kashman, N., Volland, G., Weber, K., Dowe, M., & Sandra, R. (1985). Grip and pinch strength: normative data for adults. *Arch Phys Med Rehabil*, 66(2), 69-74.
- Minitab 17 Statistical Software. (2010). [Software de ordenador]. Retrieved from www.minitab.com
- Mukaka, M. (2012, September). Statistics Corner: A guide to appropriate use of. *Malawi Medical Journal*, 24(3), 69-71.
- Ramírez, E., Ibarra, G., & Guerra, A. (2015, Mayo-Agosto). 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. *Culcyt/ Ingeniería Industrial*.
- Shurrah, M., Mandahawi, N., & Sarder, M. (2017). The assessment of a two-handed pinch force: Quantifying different anthropometric pinch grasp patterns for males and females. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 58, 38-46. doi:https://doi.org/10.1016/j.ergon.2017.02.006.
- Wachter, N., Mentzel, M., Krischak, G., & Gülke, J. (2017). Quantification of hand function by power grip and pinch strength force measurements in ulnar nerve lesion simulated by ulnar nerve block. *Journal of Hand Therapy*, 1-5.
- Werle, S., Goldhahn, J., Drerup, S., Simmen, B. R., Sprott, H., & Herren, D. B. (2009). Age- and Gender-Specific Normative Data of Grip and Pinch Strength in a Healthy Adult Swiss Population. *Journal of Hand Surgery (European Volume)*, 34(1), 76-84.

Notas Biográficas

Jorge Macías Rosales, Perla Lizeth Barraza Pantoja, Víctor Hugo Herrera Olvera, Martha Selena Espinal Andrade, son alumnos activos del programa de Ingeniería Industrial y de Sistemas, cursando el nivel intermedio 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 **M.I. 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.