

MEDICIÓN DE FUERZA MANUAL MEDIANTE DINAMOMETRÍA ISOMÉTRICA COMO INDICADOR DE SALUD EN TRABAJADORES DE LA REGIÓN MADERO

MANUAL FORCE MEASUREMENT BY ISOMETRIC DYNAMOMETRY AS A HEALTH INDICATOR IN WORKERS IN MADERO REGION

Juan Casillas Espriella*
Omar Reséndez Del Ángel**
David Roberto Cisneros Alemán***
Diego Octavio López Mendoza****
Karina Teresita González Rodríguez*****

Resumen: El objetivo es establecer valores de referencia para la fuerza de agarre manual por dinamometría isométrica en la población trabajadora de la región Madero y analizar si es un indicador positivo de salud de utilidad en los protocolos de ingreso y vigilancia periódica de los trabajadores. Diseño prolectivo, transversal, descriptivo y observacional. Se analizaron un total de 888 trabajadores de la región Madero de Petróleos Mexicanos. Se llevó a cabo la medición de la fuerza de agarre manual con el dinamómetro Jamar® estándar, se realizaron mediciones antropométricas de circunferencia de antebrazo y muñeca y longitudes de palma y mano, calculando variables antropométricas para integración de masa corporal total, y se revisaron expedientes electrónicos de cada trabajador. Se obtuvieron medidas de tendencia central para mediciones de fuerza de agarre manual, por género, dominancia, departamento y centro de trabajo. Se efectuó un análisis estadístico obteniendo significancia estadística con el coeficiente de correlación de Spearman entre variables antropométricas y fuerza de agarre manual ($p = <0,001$), la prueba de Kruskal-Wallis demostró significancia estadística en mediciones de fuerza entre rangos de edad, centros de trabajo y departamentos o talleres analizados ($p = <0,001$), se efectuaron análisis de regresión múltiple estandarizada, encontrando ecuaciones de regresión significativas, $p = <0,001$, X^2 ajustada de 0,733. Se crearon valores de referencia de fuerza manual mediante dinamometría isométrica que podrán ser utilizados en diferentes áreas de la salud para valoración multidisciplinaria de funcionalidad musculoesquelética y que podrán ser en beneficio de trabajadores de distintas ocupaciones de la región.

*Hospital Regional Ciudad Madero, PEMEX, Departamento de Medicina del Trabajo. Tamaulipas, México. Correo electrónico: juan_9973@hotmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1732-9614>. Autor de correspondencia.

**Hospital Regional Ciudad Madero, PEMEX, Departamento de Medicina del Trabajo. Tamaulipas, México. Correo electrónico: omarresendez33@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4025-5548>

***Hospital Regional Ciudad Madero, PEMEX, Departamento de Medicina del Trabajo. Tamaulipas, México. Correo electrónico: david.roberto.cisneros@pemex.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0342-6595>

****Hospital Regional Ciudad Madero, PEMEX, Departamento de Medicina del Trabajo. Tamaulipas, México. Correo electrónico: solarbaldio@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8813-6153>

*****Hospital Regional Ciudad Madero, PEMEX, Departamento de Medicina Interna. Tamaulipas, México. Correo electrónico: karina.teresita.gonzalez@pemex.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3063-0009>

Palabras clave: Fuerza de agarre manual, dinamometría isométrica manual, indicador de salud, medicina del trabajo, trabajadores.

Abstract: This study aimed to establish normative data for manual grip strength with isometric dynamometry in working population and analyze whether it is a positive health indicator useful for protocols of study (admission and periodic monitoring of workers). This study was transversal, descriptive and observational. The participants were a group of workers of Petroleos Mexicanos in Cd. Madero. To measure manual grip strength, standard Jamar® dynamometer was used, anthropometric measurements of forearm and wrist circumference, palm and hand lengths were made, calculating the anthropometric variables obtained for the integration of total body mass; all data was collected on an electronic device. Central tendency measurements were obtained for manual grip strength, by gender, dominance, workshop and workplace, statistical analysis was performed obtaining statistical significance with Spearman's correlation coefficient between anthropometric variables and grip strength ($p = <.001$), the Kruskal-Wallis test showed statistical significance for the grip strength between age ranges, workplace and workshops analyzed ($p = <.001$), standardized multiple regression analyzes were performed, finding significant regression equations, $p = <.001$, adjusted X^2 of 0.733. Finally, we used Mann Whitney's U-test to verify whether manual grip strength could be useful as a positive health indicator, resulting in our population not being able to use it for this purpose. We propose normative data of grip strength that could be used in multiple areas of health for the multidisciplinary evaluation of the musculoskeletal functionality and that could be in benefit of workers of different occupations of the region.

Keywords: Grip strength, hand-held isometric dynamometry, health indicator, occupational health, workers.

Recepción: 23.04.2021 / Revisión: 28.04.2021 / Aceptación: 10.05.2021

Introducción

El examen de valoración de fuerza muscular proporciona datos que permiten a los clínicos integrar un panorama de la integridad musculoesquelética y funcional de los individuos con respecto a sus habilidades en relación con la edad, género o actividad laboral. Para la evaluación de la fuerza muscular hay pocas técnicas bien validadas que involucren la evaluación de la fuerza utilizando métodos dinamométricos isocinéticos y de fuerza de agarre isométrica. La fuerza de agarre manual generalmente es evaluada utilizando un dinamómetro manual ajustable, el cual mide la fuerza de manera mecánica, hidráulica o eléctrica.

Entre los métodos para evaluar fuerza muscular y específicamente fuerza manual, se encuentra la dinamometría manual que se puede categorizar en dos vertientes utilizadas en la actualidad: dinamometría manual isocinética y dinamometría manual isométrica, que resultan ser de gran utilidad ya que son herramientas de bajo costo y pruebas eficaces que se realizan con un dispositivo portátil.

La dinamometría de mano es una herramienta de utilidad en la valoración multidisciplinaria de la salud de los individuos, que ha sido utilizada por diferentes especialidades del área de salud como medicina del deporte, nutrición, rehabilitación médica,

entre otras. Este método se correlaciona estrechamente con las mediciones de fuerza muscular de otros grupos musculares, incluidos las extremidades inferiores, y es una herramienta ideal para identificar la limitación física.

La fuerza de agarre manual es un marcador del estado nutricional y es mejor predictor de resultados clínicos que el cálculo de fuerza mediante masa muscular, y también es un poderoso predictor de mortalidad específica (Lauwers & Gachette, 2018), y puede ayudar a identificar población con mayor riesgo de deterioro de la salud (Heimbürger et al., 2000).

El tipo de ocupación tiene una correlación específica con el grado de fuerza demostrado, a su vez la fuerza de agarre es generalmente influenciada por el estado de salud del individuo y el nivel de actividad física de una persona (Chau et al., 1997). La interpretación de la fuerza de agarre manual solo puede realizarse objetivamente si existen valores de referencia, sin embargo, estos son escasos, especialmente para la población mexicana y específicamente nulos para población trabajadora, dando como resultado que la evaluación de la fuerza de agarre manual sea subjetiva para la interpretación clínica (Coronel et al., 2018).

Fuerza de agarre manual

Muchos factores influyen en la fuerza de la mano y la muñeca, que se ha medido en diversos estudios de laboratorio o de campo. Estos incluyen, pero no se limitan a: orientación a la superficie de trabajo, plano de rotación de la mano, distancia de alcance, tipo de herramienta, resistencia a la dinámica de la fuerza, repetición de movimientos, duración de un solo agarre, método de agarre (variaciones de pellizco y agarre completo), diámetro de agarre completo y área de superficie, rugosidad de la superficie o coeficiente de fricción, uso de guantes, género, edad, mano (dominancia), trabajador o individuo.

Comprender las capacidades de fuerza y movimiento de la mano y la muñeca, así como las metodologías para determinarlas son importantes en el diseño de tareas y herramientas para minimizar la frecuencia y severidad de trastornos de las extremidades superiores relacionados con el trabajo (Karwowski, 2006). La fuerza de prensión manual es usada clínicamente en áreas de rehabilitación y ha sido recomendada como una medición básica en la evaluación de la función musculoesquelética, estableciendo así debilidad o discapacidad (Bohannon et al., 1997).

La medición determinada mediante dinamometría manual isométrica permite identificar no solo debilidad muscular de la extremidad superior, sino también proporcionar un indicador de fuerza global (Bohannon, 2012). La dinamometría manual es relativamente simple, rápida, barata y es una prueba no invasiva, además se ha considerado como marcador positivo de salud (Bohannon R., 2008). La medición de la fuerza muscular isométrica de prensión manual se ve influenciada por la postura, edad, sexo, características antropométricas (Fong & Ng, 2001), índice de grasa e índice de masa corporal (Mathiowetz et al., 1985). En el movimiento isométrico, no hay movimiento articular, la distancia entre el origen y la inserción muscular no es variable (De et al., 2011).

En la valoración de la fuerza de prensión manual, el papel más importante lo desempeña el uso de dinamometría isométrica, por ello para un estudio dinamométrico isocinético e isotónico siempre debe anteceder una evaluación isométrica (Coronel et al., 2018). El dinamómetro es considerado un instrumento adecuado y confiable para la evaluación de la fuerza de prensión manual del individuo en estudio; aunque la fiabilidad de la evaluación puede verse afectada por el género del individuo, el peso y la postura corporal (Lagerström et al., 1996). Una adecuada postura corporal parece ser un factor relevante para la medición de la fuerza, debido a que el control de la motricidad aumenta con una posición óptima, se encuentra a 0° de flexión y abducción, el codo a flexión de 90°, el antebrazo en pronosupinación neutra y la muñeca en extensión 15-30 grados (Kong et al., 2011).

Al realizar la medición, el trabajador debe mantener por lo menos tres segundos la contracción y se debe dar estímulo verbal para garantizar el máximo esfuerzo. Las personas sanas son capaces de realizar un esfuerzo máximo en menos de dos segundos y mantenerlo por lo menos tres segundos (Chandrasekaran et al., 2010). Se considera una media confiable, al promedio de tres ensayos, que no tengan un coeficiente de variación mayor al 10% (Clerke & Clerke, 2001). La valoración de la fuerza de prensión manual mediante la ayuda de instrumentos dinamométricos es una herramienta útil y objetiva, de bajo costo y accesible.

No existen estudios que refieran los valores de fuerza de prensión manual en trabajadores, lo que limita la interpretación de los datos obtenidos con estas pruebas. Múltiples estudios muestran diferencias significativas entre los datos reportados por distintos países como Nigeria, España, Brasil, Alemania, Grecia, Suiza, Australia, Estados Unidos, Malasia, Inglaterra, Canadá, Finlandia, Nueva Zelanda, Suecia y Zimbabwe, entre otros, estos tienen sus propios valores de referencia por lo que no tienen dificultad en interpretar los resultados. En México estos datos no existen, o los datos de referencia son tomados de estudios internacionales (González-Correa, 2017).

El contar con valores de referencia e instrumentos de medición de la fuerza isométrica de prensión manual será una herramienta objetiva de gran utilidad para poder determinar la fuerza como un indicador positivo de salud en los trabajadores, evaluar la respuesta al tratamiento de diferentes patologías osteomusculares y reincorporación laboral. Sin embargo, la fuerza puede variar de acuerdo con las actividades laborales, por lo que, a su vez, será de gran utilidad establecer los valores de normalidad respecto al grado de exigencia física que requerirá cada categoría, departamento o taller en la muestra seleccionada para el estudio.

Materiales y métodos

El diseño del estudio es prolectivo, transversal, descriptivo y observacional. Se analizaron un total de 888 trabajadores de la región Madero de Petróleos Mexicanos de los centros de trabajo: Refinería, Terminal Marítima y Hospital Regional (cálculo del tamaño de muestra: 95% CI). Los criterios de selección fueron los siguientes; criterios de inclusión: población trabajadora mayor de 18 años y menor de 70 años con estado de salud indistinto, cualquier categoría, horario de trabajo, régimen contractual y antigüedad; criterios de exclusión:

trabajadores que no deseen participar en el estudio y trabajadores con patología radicular cervical, osteopenia, sarcopenia o enfermedad sistémica grave que pueda afectar la fuerza de las extremidades superiores; criterios de eliminación: trabajadores que decidieran abandonar el estudio, trabajadores que durante la medición obtengan un coeficiente de variación mayor a 10, sujetos que hayan realizado más de 5 intentos de esfuerzo manual sin obtener consistencia en el estudio. Se llevó a cabo la medición de la fuerza de agarre manual con el dinamómetro Jamar® estándar, se realizaron mediciones antropométricas de circunferencia de antebrazo y muñeca, y longitudes de palma y mano, calculando las variables antropométricas obtenidas para la integración de masa corporal total, se realizó la revisión de los expedientes electrónicos de cada trabajador; todos los datos fueron recolectados en un dispositivo electrónico.

Recolección de datos

Se emplearon en este estudio variables de tipo cualitativo y ordinal, nominal y dimensional, cuantitativas discretas y continuas. Se llevó a cabo recolección de datos en los formatos elaborados de manera digital, con conexión directa y carga instantánea a la nube para la recopilación en una base de datos.

Mediciones de la fuerza de agarre manual

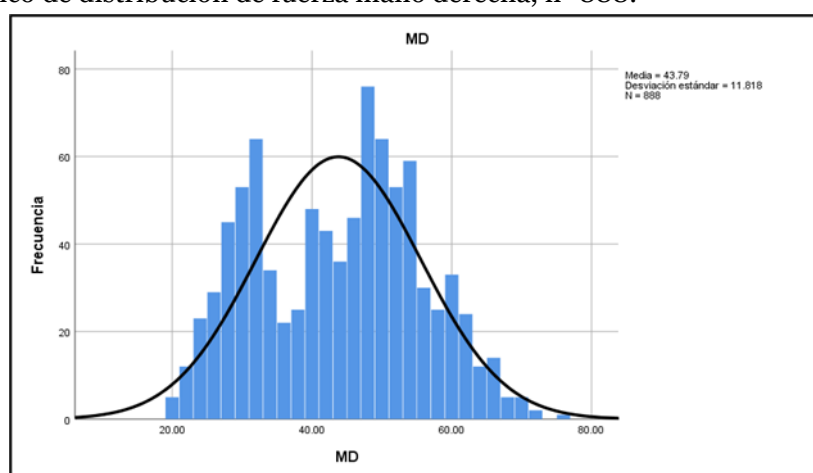
Fueron tomadas usando un dinamómetro JAMAR® estándar, ajustable, el cual tiene una excelente herramienta con buena reproducibilidad y confiabilidad entre distintos evaluadores (Portney & Watkins, 1993). Al inicio del procedimiento se explicó y demostró ampliamente en qué consistía la prueba. Se realizó la prueba en la posición recomendada por la Sociedad Americana de Terapistas de Mano (ASHT)²⁰. Se evaluaron ambas manos de cada individuo, obteniendo tres mediciones de cada trabajador y se utilizó la puntuación más alta en todos los análisis. La FAM fue capturada como máxima en kilogramos de fuerza durante el procedimiento. Fueron realizadas con el dinamómetro manual JAMAR® fabricado y calibrado por Performance Health Supply, Inc. W68 N158 Evergreen Blvd. Cedarburg, Wisconsin 53012, no. de serie: 20180411870 y utilizando las técnicas de medición de acuerdo con el procedimiento establecido por el Centro de Investigación Biomédica del Instituto Nacional para la Investigación en Salud Southampton (NIHR Southampton Biomedical Research Centre, 2016).

Análisis estadístico

Se elaboró una base de datos en el programa Microsoft® Excel® para Office 365 y se analizó en el paquete de análisis estadístico IBM SPSS® versión 25. Se obtuvieron medidas de tendencia central como media, mediana, mínimo, máximo, rango, desviación estándar y distribución percentilar. Se utilizó la prueba de Kolmogórov-Smirnov para visualizar normalidad de los resultados obtenidos (figura 1), posteriormente se eligieron pruebas no paramétricas que se ajustaban mejor al modelo de predicción. Las correlaciones entre fuerza derecha e izquierda se analizaron con la prueba de rangos con signo de Wilcoxon, se utilizó la

prueba de U de Mann-Whitney para observar la diferencia de fuerza entre género, la comparación de la fuerza obtenida entre grupos de edad, departamentos y centro de trabajo se exploró con la prueba de Kruskal-Wallis. Para valorar la correlación de las variables antropométricas con la fuerza obtenida se utilizó la prueba de Correlación de Spearman (ρ) y para conocer el impacto de las variables antropométricas sobre la fuerza se utilizó el coeficiente de determinación. Se realizó un modelo de predicción de variables mediante la regresión múltiple estándar para la elaboración de valores de normalidad o referencia usando ecuaciones de predicción mediante los Criterios AIC, ajustados a los parámetros obtenidos para nuestra población. Finalmente, para comparar los datos obtenidos de fuerza se analizaron los grupos de individuos sanos y enfermos utilizándose la prueba de U de Mann Whitney.

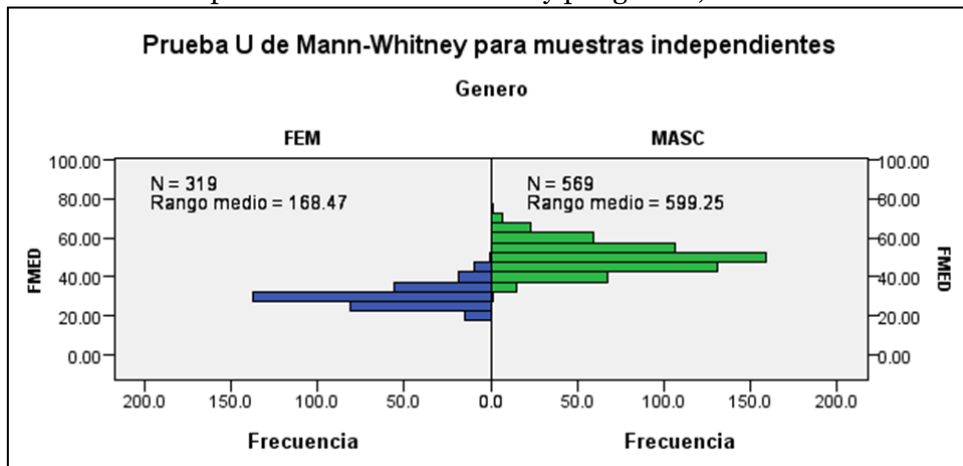
Figura 1. Gráfico de distribución de fuerza mano derecha, n=888.



Resultados y discusión

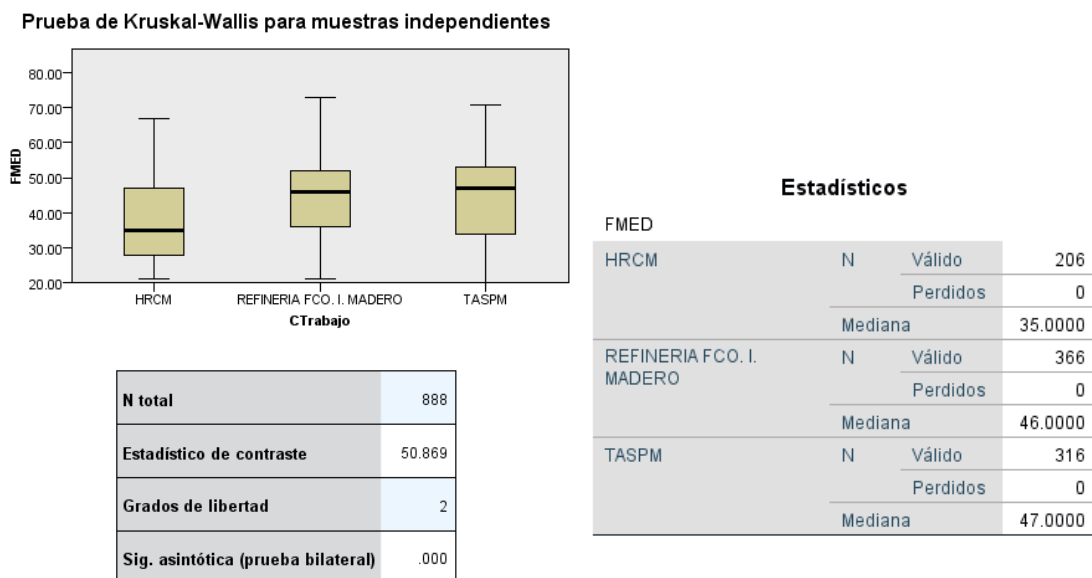
Se analizó la fuerza de agarre manual, resultando una fuerza media para la mano derecha de 43,79 kg, con una mínima de 20 kg, máxima de 76 kg y una desviación estándar (DE) ± 11.81 kg, mientras que para la mano izquierda se observó una fuerza media de 42,21 kg con una mínima de 18 kg, máxima de 74 kg y una desviación estándar (DE) $\pm 11,76$ kg. La prueba de signos de Wilcoxon reveló una diferencia estadísticamente significativa entre la fuerza de la mano derecha ($Md = 46$) y la mano izquierda ($Md = 42$), $z = -10,15$, $p = <0,001$, con un tamaño de efecto mediano ($r = 0,2408$). Mediante la prueba de U de Mann Whitney se observó diferencia estadísticamente significativa entre la fuerza obtenida para el género masculino ($Md = 50$) y el género femenino ($Md = 30$), $U = 178,807$, $z = 24.02$, $p = <0,001$, $r = 0,806$, mostrado en la figura 2. Se exploró la diferencia de fuerza entre rangos de edad con la prueba de Kruskal-Wallis encontrando que existen diferencias estadísticamente significativas, $X^2(4, n= 888) = 15,908$, $p = 0,003$. El rango de edad que registró una fuerza más alta fue el de 30 a 39 años ($Md = 47$), se obtuvo igual valor en 2 rangos de edad: el de 40 a 49 años y el de 18 a 29 años ($Md = 45$), seguidos del grupo de edad de mayores de 60 años ($Md = 43$) y en último lugar el rango de edad de 50 a 59 años ($Md = 41$).

Figura 2. Gráficos de la prueba U de Mann-Whitney por género, n=888.



Además, reveló que existe una diferencia estadísticamente significativa en las mediciones de fuerza entre los tres centros de trabajo estudiados considerando ambos géneros (HRCM, n = 206, Refinería, n = 366, Terminal Marítima, n = 316), $X^2(2, n= 888) = 50.86, p = <0,001$. El centro de trabajo que registró una fuerza más alta fue Terminal Marítima Madero (Md = 47) seguido de la Refinería Francisco I. Madero (Md = 46) y por último el Hospital Regional de Ciudad Madero (Md = 35) como se muestra en la figura 3. A su vez se observó que existen diferencias estadísticamente significativas en las mediciones de fuerza entre cada uno de los departamentos en los tres centros de trabajo, Refinería Francisco I. Madero: $X^2(21, n = 366) = 55.39, p = 0,005$, Terminal Marítima Madero: $X^2(18, n = 316) = 44,52, p = <0,001$ y HRCM: $X^2(15, n = 206) = 68,80, p = <0,001$. Ver tabla 1 y figura 4.

Figura 3. Prueba de Kruskal-Wallis para los tres centros de trabajo estudiados.



Nota. HRCM = Hospital Regional Ciudad Madero, TASPМ = Marine Terminal Madero.

Figura 4. Prueba de Kruskal-Wallis de cada departamento de la Terminal Marítima Madero.

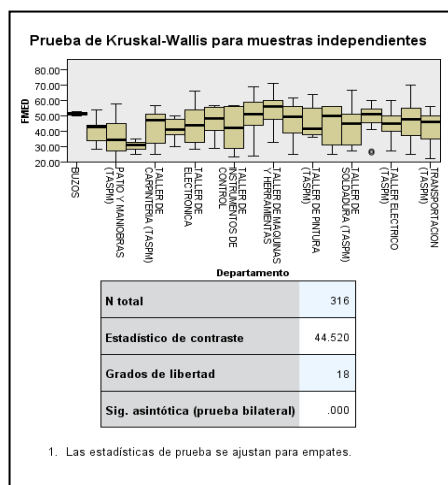


Tabla 1. Fuerza máxima en kilogramos (mediana) de la Terminal Marítima Madero por departamentos, se encuentran ordenados de mayor a menor.

Terminal Marítima Madero			
Departamento	Percentil 25	Percentil 50 (mediana)	Percentil 75
Taller de máquinas y herramientas	42	56	61
Buzos	50.25	51.5	52.75
Taller de mantenimiento electromecánico	44	51	59
Taller de tubería	45.25	51	54.75
Taller de refrigeración	30.25	50	56
Taller de pailería	38.5	49.5	56
Taller de hojalatería y herrería	40.25	48.5	55.75
Taller mecánico de piso	34	48	55
Taller de carpintería	30.5	47	51.5
Transportación	33	46	50
Taller de soldadura	31	45	51
Taller eléctrico	37.5	45	51
Taller de electrónica	31.5	44	54.5
Manejo de materiales (almacén)	31	43	49
Taller de instrumentos de control	28.5	42	56.5
Taller de pintura	37.75	41.5	56.75
Taller de dibujo	34	41	49
Patio y maniobras	27	34.5	45.25
Superintendencia de Mantenimiento Naval	25	31	35

La relación entre la variable fuerza de ambas manos (FMED) y las variables antropométricas fueron investigadas utilizando el coeficiente de correlación de Spearman (rho). De manera global se encontró una fuerte correlación positiva para las variables masa muscular, peso, estatura, circunferencia de antebrazo, circunferencia de muñeca y longitud de la mano; una fuerza de correlación intermedia para la longitud de la palma, y una correlación positiva débil para el índice de masa corporal y no se encontró correlación entre masa grasa y la medición de fuerza manual ($p = <0,001$). Ver tabla 2. Además, se muestran los gráficos de dispersión para la medición de fuerza manual y las variables que mostraron

una mayor significancia estadística con el coeficiente de correlación de Spearman (rho) de manera global y de los grupos femenino y masculino (figuras 5 y 6).

Figura 5. Gráficos de dispersión para las variables masa ósea, masa muscular y estatura con medición de fuerza manual global, $p = <0,001$.

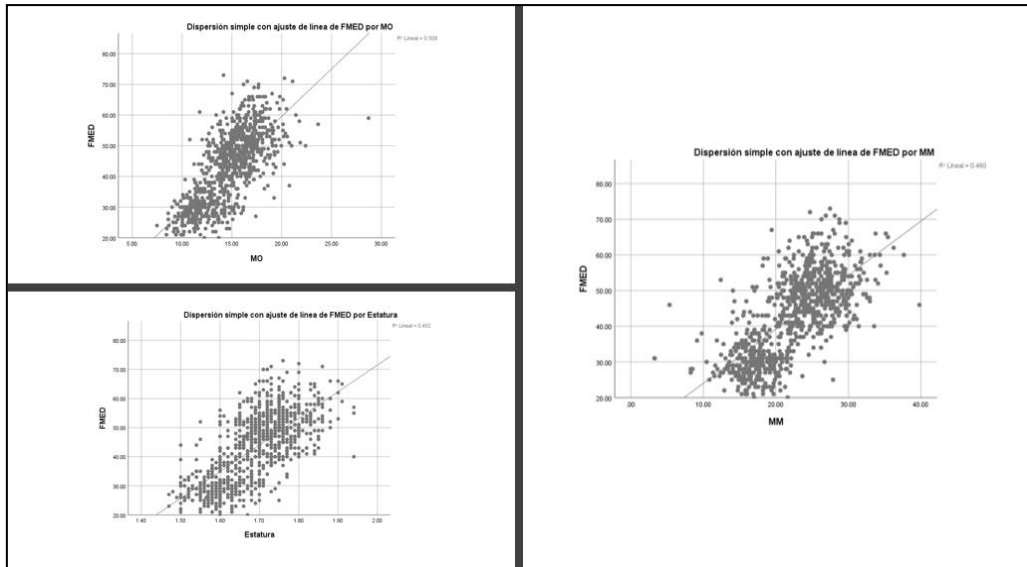


Figura 6. Gráficos de dispersión para las variables masa ósea, masa muscular y circunferencia de antebrazo con medición de fuerza manual, género masculino y femenino, $p = <0,001$.

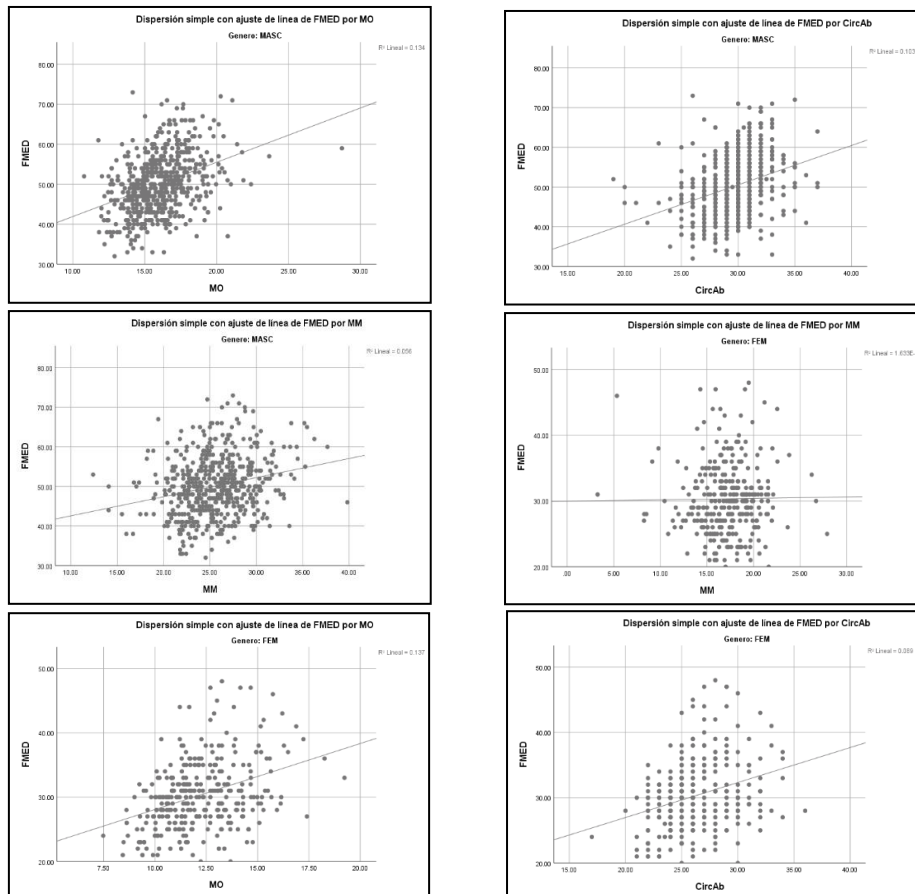


Tabla 2. Coeficiente de correlación de Spearman (rho) para las variables antropométricas.

FMED	N	Circunferencia antebrazo	Circunferencia muñeca	Longitud palma	Longitud mano	IMC	Masa muscular	Masa residual	Masa ósea	Masa grasa	Peso	Estatura
Coeficiente correlación	888	.574**	.528**	.479**	.537**	.224**	.701**	.659**	.720**	0.055	.528**	.702**
Sig. (bilateral)		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.103	0.000	0.000

Finalmente, para la construcción de valores de referencia de fuerza de agarre manual, se utilizó la regresión múltiple estandarizada ajustada con criterios AIC para las variables estudiadas, se crearon tres modelos para la población total, ajustándolos para las variantes dicotómicas nominales: mano derecha e izquierda, determinando así los modelos que se ajustaban mejor para la población en conjunto y para cada mano, encontrando lo siguiente: se eligieron las variables que daban mayor impacto al modelo, las cuales fueron: género (beta = 0,463, p = <0,001), masa muscular (beta = 0,203, p = <0,001), departamento (beta = 0,041, p = <0,020), circunferencia de antebrazo (beta = 0,153, p = <0,001), masa ósea (beta = 0,137, p = 0,004), longitud de mano (beta = 0,056, p = <0,017) e IMC (beta = -0,53, p = <0,018). Se encontró una ecuación de regresión significativa (F [7,878] = 348,08, p = <0,001), con una X² ajustado de 0,733, es decir, que el modelo tiene una precisión del 73,3%. Gracias a los modelos empleados, se crearon los siguientes valores de referencia, clasificándolos por rangos de edad y género, se catalogó la ponderación de fuerza de agarre manual, expresada en kilogramos en: normal, baja, muy baja, alta y muy alta, creando con ellos los valores de referencia para fuerza de agarre manual. Ver tabla 3. Finalmente se utilizó la prueba de U de Mann Whitney para verificar si la fuerza de agarre manual podría ser útil como indicador positivo de salud, resultando que en nuestra población no podría utilizarse con este propósito.

Tabla 3. Modelo de regresión múltiple estandarizada creado para los predichos de fuerza de agarre manual de la mano izquierda.

Resumen del modelo									
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticos de cambio				
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. Cambio en F
1	0,857 ^a	0,735	0,733	5,98667	0,735	348,084	7	878	0,000
a. Predictores: (constante), IMC, Departamento, MM, LongMano, CircAb, Género, MO									
b. Variable dependiente: FMED									

Gracias a los modelos empleados, se crearon los siguientes valores de referencia, clasificándolos por rangos de edad y género, se catalogó la ponderación de fuerza de agarre manual, expresada en kilogramos en: normal, baja, muy baja, alta y muy alta. Ver tablas 4, 5, 6 y 7.

Tabla 4. Valores predichos para fuerza de agarre manual en mujeres.

Mujeres					
Rangos de edad	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
18-29	<26	27-28	29-33	34-38	>39
30-39	<24	25-27	28-32	33-35	>36
40-49	<24	25-27	28-31	32-35	>36
50-59	<23	24-25	26-30	31-34	>35
>60	<25	26-27	27-29	29-31	>32

Nota. Predichos creados con un X2 ajustado de 0.733, $F(7, 878) = 348.08$, $p < 0.001$.

Tabla 5. Valores predichos para fuerza de agarre manual en hombres.

Hombres					
Rangos de edad	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
18-29	<44	45-47	48-53	54-57	>58
30-39	<45	46-48	48-53	54-56	>57
40-49	<43	44-47	47-51	52-54	>55
50-59	<42	43-46	46-50	51-53	>54
>60	<42	43-44	45-47	48-49	>50

Nota. Predichos creados con un X2 ajustado de 0.733, $F(7, 878) = 348.08$, $p < 0.001$.

Tabla 6. Valores predichos para fuerza de agarre manual en mujeres, ambas manos.

Mujeres										
Rangos de edad	Muy bajo		Bajo		Normal		Alto		Muy alto	
	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI
18-29	<26	<24	27-29	25-27	30-34	28-32	34-39	34-37	>40	>38
30-39	<25	<24	26-28	25-27	28-33	27-31	33-37	32-34	>38	>35
40-49	<25	<24	26-28	25-27	28-32	27-31	32-36	31-35	>37	>36
50-59	<24	<22	25-26	23-25	27-32	26-30	32-35	31-33	>36	>34
>60	<27	<25	28	26	28-29	26-27	29-31	28-29	>32	>30

Nota. Predichos creados con un X2 ajustado de 0.711 para mano derecha (MD), $F(7, 878) = 312.26$, $p < 0.001$, y un X2 ajustado de 0.705 para mano izquierda (MI), $F(7, 878) = 302.71$, $p < 0.001$. En personas zurdas se considerará MD como mano dominante.

Tabla 7. Valores predichos para fuerza de agarre manual en hombres, ambas manos.

Hombres										
Rangos de edad	Muy bajo		Bajo		Normal		Alto		Muy alto	
	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI	MD	MI
18-29	<44	<43	45-48	44-47	49-54	47-52	54-58	53-57	>59	>58
30-39	<45	<44	46-49	45-47	49-54	47-52	54-57	52-56	>58	>57
40-49	<44	<42	45-47	43-46	48-52	46-50	52-55	51-54	>56	>55
50-59	<43	<41	44-46	42-45	47-51	45-49	51-53	50-51	>54	>52
>60	<42	<41	43-45	42-43	46-48	44-46	49-50	46-47	>51	>48

Nota. Predichos creados con un X^2 ajustado de 0.711 para mano derecha (MD), $F(7, 878) = 312.26$, $p < .001$, y un X^2 ajustado de 0.705 para mano izquierda (MI), $F(7, 878) = 302.71$, $p < .001$. En personas zurdas se considerará MD como mano dominante.

Discusión

La medición de fuerza de agarre manual mediante dinamometría isométrica resulta ser una herramienta útil y sencilla para la valoración médica multidisciplinaria, sin embargo, cabe comentar que no se cuentan con estudios nacionales que reporten dicha medición como un posible indicador de salud o bien establezcan rangos de referencia para la misma. Los resultados obtenidos en nuestro estudio se ven influenciados por diversas características individuales como la edad, género, dominancia, tipos de trabajo y características antropométricas, encontrando mayor fuerza en varones y una fuerza mayor en la mano dominante como lo reportado por Innes et al. en 1999. En cuanto a la edad, se observó en nuestra población de estudio que tiende a un incremento lineal en las edades de 30 a 39 años lo que se asemeja a los resultados obtenidos por Günther et al. en el 2008, reportando el pico máximo en estos rangos de edad, lo que también, sigue los hallazgos publicados por Wang et al. en el 2018.

En cuanto a la influencia de la fuerza de agarre manual con la ejecución de distintos tipos de trabajo, diversos estudios internacionales han aportado a bibliografía mundial valores de referencia que se han desarrollado en trabajadores del ramo de la industria automotriz, construcción, oficinistas y de la salud (Phillips, 2013; Kumar et al., 2019; Rawat, 2016). En nuestro estudio hemos efectuado un análisis de la población laboral incluyendo un total de 66 tipos de agrupaciones ocupacionales distintas, divididos en talleres o departamentos, encontrando importante significancia estadística para los talleres o departamentos que obtuvieron un mayor grado de fuerza, y que eran los que requerían un mayor nivel de exigencia física, por ejemplo: el departamento de Contraincendio de la Refinería, el taller de máquinas y herramientas de la Terminal Marítima y el departamento de Mantenimiento en el Hospital Regional, mientras que los departamentos con puestos de trabajo de oficina o similares, por ejemplo: Contabilidad y costos de Refinería, Superintendencia de Mantenimiento Naval de la Terminal Marítima y Recursos Financieros en el Hospital Regional, mostraron niveles más bajos de fuerza de agarre manual, que se asemeja a lo reportado por Josty et al. en 1997, que menciona que: los trabajadores con ocupaciones manuales pesadas (granjeros y agricultores) tienen una mayor fuerza de agarre

manual, seguida de los trabajadores con fuerza de agarre ligera (mecánicos) y por último los de oficina; mientras que otras investigaciones no encontraron significancia estadística entre el tipo de trabajo y la fuerza de agarre manual (Nygård et al., 1987, Harth & Vetter, 1994).

Los modelos de regresión múltiple estandarizada permitieron incluir las mejores variables explicativas para la creación de ecuaciones estadísticamente significativas en la población estudiada, manteniéndose el modelo que obtuvo el más alto grado de precisión con un 73,3%, toda vez que se trata de una muestra heterogénea de trabajadores en sus ocupaciones con un total de 66 departamentos distintos.

Este estudio presenta valores de referencia y ecuaciones para la evaluación de la fuerza de agarre manual calculados con las variables antropométricas y características ocupacionales para los trabajadores de la región Madero de Petróleos Mexicanos. Los valores predichos son para población trabajadora, siendo el primer estudio nacional en presentar dichos valores calculados por medición isométrica para distintos tipos de trabajo, los resultados obtenidos difieren de la única publicación nacional de Coronel et al. (2018), donde evaluó en población general y realizó medición isocinética de la fuerza muscular.

Los rangos de fuerza de agarre manual encontrados en nuestra población, varían de acuerdo a lo reportado en distintos estudios internacionales (Mathiowetz, 1985; Bohannon, 1997; Koopman et al., 2015) mientras que otros estudios comparten resultados similares a los nuestros (Massy-Westropp et al., 2011), esto se debe a que existen diferencias antropométricas significativas entre las distintas poblaciones a través del mundo; el peso, la estatura y el índice de masa corporal determinan datos normativos para la fuerza de agarre manual en las regiones y/o continentes estudiados. Cabe destacar que en estos estudios han utilizado el mismo instrumento de medición (dinamómetro Jamar® estándar) en distintas posiciones (segunda o tercera posición) (Hoffmaster et al., 1993; Boadella et al., 2005) obteniendo buenos resultados. En nuestra investigación adoptamos la segunda posición como la preferida para la población, de acuerdo a la variables antropométricas de longitud de palma y mano.

Se analizaron los resultados obtenidos para valorar la utilidad de la fuerza manual como indicador positivo de salud, sin embargo no se encontró significancia estadística, dado que la población estudiada se conformó con un promedio de IMC = 29,3 KG/M², con una variabilidad de entidades cronicodegenerativas (obesidad, diabetes mellitus II, dislipidemias, síndrome metabólico, etc.) que alteraban el proceso de comparación, incluso observando mayor fuerza en el grupo de trabajadores con obesidad, difiriendo a lo encontrado en otros estudios, en donde los individuos con un IMC normal obtuvieron mayor grado de fuerza de agarre manual que aquellos con obesidad y sobrepeso (Hammed, 2018; Deepak, 2014) y en donde se ha utilizado como indicador positivo de salud en los extremos de la edad en distintas poblaciones (Bohannon, 2008).

Con los datos encontrados, se concluyó que la medición de fuerza manual mediante dinamometría isométrica no se puede utilizar como indicador positivo de salud en nuestra población, toda vez que las condiciones antropométricas de esta son un reflejo de los padecimientos crónico-degenerativos, principalmente obesidad, que requieren un control ideal y un estricto apego al tratamiento médico para mejorar el estado de salud de los

individuos. Sin embargo, estos datos normativos con relación a haber logrado establecer mediante pruebas estadísticas precisas, rangos de referencia por grupos de edad y género de fuerza de agarre manual medida por dinamometría isométrica con los que no se contaban en nuestro país, podrán ser utilizados con otros propósitos de evaluación funcional para diferentes ocupaciones y por distintas especialidades médicas.

Conclusiones

El objetivo principal del estudio al intentar establecer la medición de la fuerza de agarre manual por dinamometría isométrica como un indicador positivo de salud no fue posible demostrar ya que las características antropométricas y enfermedades crónico-degenerativas de nuestra población, principalmente obesidad, impactaron en el grado de fuerza incluso observando ser mayor en este subgrupo de trabajadores, sin embargo, los valores de referencia propuestos representan parámetros valiosos que nunca antes habían sido establecidos en nuestro país, y que pueden servir como una guía de interpretación para la valoración multidisciplinaria de la funcionalidad musculoesquelética de las extremidades superiores de trabajadores en distintas ocupaciones.

Nuestro estudio aporta información precisa y valiosa ya que se realizó un análisis de la población laboral en activo más grande a nivel nacional, casi 900 trabajadores, que incluye un total de 66 tipos de agrupaciones ocupacionales distintas (divididos en talleres o departamentos) de los tres centros de trabajo con mayor población de la región Madero en el estado de Tamaulipas, lo que permitió un amplio panorama de la fuerza por cada tipo de trabajo. Los rangos de referencia que se presentan podrán ser útiles para diferentes especialidades médicas que requieran un estudio objetivo de la fuerza de agarre manual obtenida mediante dinamometría isométrica para la evaluación de la integridad funcional de las extremidades superiores, masa muscular y estado nutricional de los individuos. Especialidades como medicina del deporte, rehabilitación, nutrición y medicina del trabajo se beneficiarán con los hallazgos encontrados ya que los datos se ponderaron cualitativamente para rangos de edad y género para la interpretación clínica adecuada.

Nuestros resultados son muy relevantes para el área clínica y laboral, ya que es el primer estudio nacional que evalúa la medición de la fuerza manual mediante dinamometría isométrica en trabajadores, estableciendo con ello valores de referencia inexistentes en nuestro país previamente. Lo que podría ser el punto de partida de futuras investigaciones en el campo de la rehabilitación y reincorporación laboral, seguimiento de trabajadores lesionados y su recuperación, y diseño de puestos de trabajo adoptando la fuerza estimada como un parámetro para estos, entre otros campos de investigación.

Referencias

- Boadella, J., Kuijter, P., Sluiter, J., & Frings-Dresen, M. (2005). Effect of self-selected handgrip position on maximal handgrip strength. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(2), 328-331. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2004.05.003>
- Bohannon, R. W. (1997). Reference values for extremity muscle strength obtained by hand-held dynamometry from adults aged 20 to 79 years. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 78(1), 26-32. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(97\)90005-8](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(97)90005-8)
- Bohannon, R. W. (2008). Hand-grip dynamometry predicts future outcomes in aging adults. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 31(1), 3-10. <https://doi.org/10.1519/00139143-200831010-00002>
- Bohannon, R. W. (2012). Are hand-grip and knee extension strength reflective of a common construct? *Perceptual and Motor Skills*, 114(2), 514-518. <https://doi:10.2466/03.26.PMS.114.2.514-518>
- Chandrasekaran, B., Ghosh, A., Prasad, C., Krishnan, K., & Chandrasharma, B. (2010). Age and anthropometric traits predict handgrip strength in healthy normals. *Journal of Hand and Microsurgery*, 2(2), 58-61. <https://doi.org/10.1007/s12593-010-0015-6>
- Chau, N., Bourgkard, E., Pétry, D., Huguenin, P., Remy, E., & André, J. (1997). Comparison between estimates of hand volume and hand strengths with sex and age with and without anthropometric data in healthy working people. *European Journal of Epidemiology*, 13(3), 309-316. <http://doi.org/10.1023/a:1007308719731>
- Clerke, A., & Clerke, J. (2001). A literature review of the effect of handedness on isometric grip strength differences of the left and right hands. *The American Journal of Occupational Therapy*, 55(2), 206-211. <https://doi.org/10.5014/ajot.55.2.206>
- Coronel, O. M. G., Hernández, A. H., & Hernández, J. I. (2018). Determinación de la fuerza isométrica de prensión manual gruesa en población en edad laboral con dinamometría obtenida con el equipo terapéutico Baltimore. *Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación*, 30(1-2), 5-11. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=83677>
- De, S., Sengupta, P., Maity, P., Pal, A., & Dhara, P. (2011) Effect of body posture on hand grip strength in adult bengalee population. *Journal of Exercise Science and Physiotherapy*, 7(2), 79-88. <http://dx.doi.org/10.18376//2011/v7i2/67611>
- Deepak, G., Laxmikant, J., & Rasika, D. (2014). Study of correlation between dominant hand's grip strength and some physical factors in adult males and females. *International Journal of Pharma Research and Health Sciences*, 2(4), 316-323. http://www.pharmahealthsciences.net/pdfs/VOLUME-2-ISSUE-42014/7_1483.pdf
- Fong, P. W. K., & Ng, G. Y. F. (2001). Effect of wrist positioning on the repeatability and strength of power grip. *American Journal of Occupational Therapy*, 55(2), 212-216. <https://doi.org/10.5014/ajot.55.2.212>
- González-Correa, C. (2017). Different reference values for hand dynamometry: A conflicting issue. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 37(3), 104-110. <https://doi.org/10.12873/373gonzalezcorrea>
- Günther, C. M., Bürger, A., Rickert, M., Crispin, A., & Schulz, C. U. (2008). Grip-strength in healthy Caucasian adults: Reference values. *The Journal of Hand Surgery*, 33(4), 558-565. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2008.01.008>

- Hammed, A., & Obaseki, C. (2018). Interdependence of body mass index with handgrip strength and endurance among apparently healthy teenagers. *Turkish Journal of Kinesiology*, 4(1), 1-7. <http://dx.doi.org/10.31459/turkjin.393476>
- Harth, A., & Vetter, W. (1994). Grip and pinch strength among selected adult occupational groups. *Occupational Therapy International*, 1(1), 13-28. <https://doi.org/10.1002/oti.6150010104>
- Heimbürger, O., Qureshi, A., Blaner, W., Berglund, L., & Stenvinkel, P. (2000). Hand-grip muscle strength, lean body mass, and plasma proteins as markers of nutritional status in patients with chronic renal failure close to start of dialysis therapy. *American Journal of Kidney Diseases*, 36(6), 1213-1225. <https://doi.org/10.1053/ajkd.2000.19837>
- Hoffmaster, E., Lech, R., & Niebuhr, B. (1993). Consistency of sincere and feigned grip exertions with repeated testing. *Journal of Occupational Medicine*, 35(8), 788-794. <https://doi.org/10.1097/00043764-199308000-00015>
- Innes, E. (1999). Handgrip strength testing: A review of the literature. *Australian Occupational Therapy Journal*, 46(3), 120-140. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1630.1999.00182.x>
- Josty, I., Tyler, P., Shewell, C., & Roberts, N. (1997). Grip and pinch strength variations in different types of workers. *Journal of Hand Surgery*, 22(2), 266-269. [https://doi.org/10.1016/s0266-7681\(97\)80079-4](https://doi.org/10.1016/s0266-7681(97)80079-4)
- Karwowski, W. (2006). *International encyclopedia of ergonomics and human factors*. Taylor & Francis.
- Kong, Y., Song, Y., & Jung, M. (2011). Effects of hand position on maximum grip strength and discomfort [ponencia]. HFESA 47th Annual Conference 2011. Ergonomics Australia. <https://www.ergonomics.org.au/documents/item/273>
- Koopman, J., Van Bodegom, D., Van Heemst, D., & Westendorp R. (2015). Handgrip strength, ageing and mortality in rural Africa. *Age Ageing*, 44(3), 465-470. <https://doi.org/10.1093/ageing/afu165>
- Kumar, A. S., Lal, M. M., Chaudhary, H., & Sharan, G. D. (2019). A comparative assessment of static muscular strength among female operative's working in different handicraft occupations in India. *Health Care for Women International*, 40(4), 459-478. <https://doi.org/10.1080/07399332.2018.1484468>
- Lagerström, C., & Nordgren, B. (1996). Methods for measuring maximal isometric grip strength during short sustained contractions, including intra-rater reliability. *Upsala Journal of Medical Sciences*, 101(3), 273-286. <https://doi.org/10.3109/03009739609178926>
- Lauwers, T. (2018). Grip & pinch strength in relation to anthropometric data in adults. *Orthopedic Research & Physiotherapy*, 4(1), 1-7. <http://dx.doi.org/10.24966/ORP-2052/100039>
- Massy-Westropp, N. M., Gill, T. K., & Taylor, A. W. (2011). Hand grip strength: Age and gender stratified normative data in a population-based study. *BMC Research Notes*, 4, 127. <https://doi.org/10.1186/1756-0500-4-127>
- 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(2), 69-74. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3970660/>
- NIHR Southampton Biomedical Research Centre (2016). *Procedure for Measuring Hand Grip Strength Using the Jamar Dynamometer*. Consultado el 27 de junio de 2019. <http://www.uhs.nhs.uk>
- Nygård, C., Luopajarvi, T., Cedercreutz, G., & Ilmarinen, J. (1987). Musculoskeletal capacity of employees aged 44-58 years in physical, mental and mixed types of work. *European Journal*

- of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 56(5), 555-561.
<https://doi.org/10.1007/bfo0635370>
- Phillips, J., Lindstrom-Hazel, D., & Courtney, C. (2013). Grip and pinch strength norms for Michigan workers. *The Open Journal of Occupational Therapy*, 1(3), 1-6.
<https://doi.org/10.15453/2168-6408.1038>
- Portney, L. G., & Watkins, M. P. (1993). *Foundations of clinical research: Applications to practice*. Appleton & Lange.
- Rawat, S., Varte, L., Singh, I., Choudhary, S., & Singh, S. (2016). Anthropometry based prediction of dominant hand grip strength in Indian office going females. *Asian Journal of Medical Sciences*, 7(1), 58-62. <http://dx.doi.org/10.3126/ajms.v7i6.15197>
- Wang, Y., Bohannon, R., Li, X., Sindhu, B., & Kapellusch, J. (2018). Hand-grip strength: Normative reference values and equations for individuals 18 to 85 years of age residing in the United States. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 48(9), 685-693.
<https://doi.org/10.2519/jospt.2018.7851>