

Concordancia-conformidad entre los dinamómetros de mano *Camry* y *Jamar* en adultos

Concordance-conformity within Camry and Jamar hand dynamometers in adults

Gustavo Alfonso Díaz Muñoz¹, Paola Callejas Martínez², Vanessa Cuesta Malagón², Sandra Julieth Calvera Millán³.

Recibido: 17 de diciembre 2017. Aceptado para publicación: 1 de marzo 2018
<https://doi.org/10.35454/rncm.v1n1.075>

Resumen

Introducción: la medición de la fuerza de agarre de la mano tiene utilidad en la práctica médica. Actualmente no existe un dinamómetro validado en población colombiana.

Objetivo: determinar la concordancia-conformidad del dinamómetro *Camry* en una población de adultos colombianos de 18 a 59 años.

Métodos: estudio transversal de concordancia, en hombres y mujeres de la comunidad universitaria entre 18 a 59 años de edad. Se midieron variables demográficas, de salud y antropométricas. La concordancia de los dinamómetros se evaluó con el coeficiente de correlación-concordancia de Lin (CCC) y gráficas *Bland-Altman*.

Resultados: participaron 90 personas, edad promedio de 36,4 años (+/-12,7) y 54,4 % fueron mujeres. La fuerza con el dinamómetro *Jamar* fue de 30,6 kg (+/-10,5) y con el dinamómetro *Camry* de 28,9kg (+/- 9,7), encontrándose una correlación alta entre los equipos ($\rho > 0,8$ $p < 0,001$). El CCC fue significativo solo a nivel poblacional, en el grupo de edad de 40 - 59 y los límites de acuerdo con las gráficas *Bland-Altman* fueron estrechos.

Conclusión: el dinamómetro *Camry* no se puede intercambiar con el dinamómetro *Jamar*, sin embargo reporta valores cercanos, haciéndolo adecuado para usarse en la práctica médica.

Palabras clave (DeCS): fuerza de mano, extremidad superior, equipo ortopédico, estudios transversales.

Summary

Introduction: Measurement of hand grip strength is useful in the medical practice. Currently there is no validated dynamometer in the Colombian population.

Objective: To determine the concordance-conformity of *Camry* and *Jamar* hand dynamometers in a population of healthy adults aged from 18 to 59.

Methods: Cross-sectional concordance study in men and women from the university community, ranging from 18 to 59 years old. Demographic, health and anthropometric variables were measured. Concordance of the dynamometers was evaluated through the Lin concordance correlation coefficient (CCC) and *Bland-Altman* plots.

Results: Ninety subjects participated in this study, with an average age of 36.4 ± 12.7 years, of which 54.4% were women. Hand grip strength with the *Jamar* dynamometer was $30.6 \text{ kg} \pm 10.5$, and with the *Camry* dynamometer, 28.9 ± 9.7 kg, where a strong correlation between both devices ($\rho > 0.8$ $p < 0.001$) was found. CCC was only significant at the population level and for the age group between 40 – 59, and *Bland-Altman* plots had narrow limits of agreement.

Conclusion: The *Camry* dynamometer cannot be replaced with the *Jamar* dynamometer. However, it yields similar values, which makes it adequate for use within medical practice.

Keywords: (MeSH): Hand strength; Upper extremity; Orthopedic equipment; Cross-sectional studies.

1 Instituto de Investigación en Nutrición, Genética y Metabolismo. Facultad de Medicina, Universidad El Bosque. Bogotá, D.C, Colombia.

2 Facultad de Medicina, Universidad El Bosque. Bogotá, D.C, Colombia.

3 Facultad de Enfermería, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C, Colombia.

Correspondencia: Gustavo Alfonso Díaz Muñoz
email: ndgustavodiaz@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La dinamometría, fuerza de agarre o de prensión de la mano es el método por el cual se mide la función y fuerza muscular de las extremidades superiores y para su medición se emplea un dinamómetro de mano o *hand dynamometer* ⁽¹⁾. La fuerza de agarre es de utilidad en diversas áreas de la salud para el diagnóstico de enfermedades y eficacia de tratamientos ^(2,3), puede medirse desde los cuatro años de edad ^(3,4) y es un método simple y recomendado para la evaluación de la función muscular en la práctica clínica ⁽¹⁾ al ser influenciada por los sistemas neuronal, muscular y esquelético ⁽³⁾.

A pesar de sus ventajas, la medición de la fuerza de agarre no es rutinaria en el ámbito clínico, debido a: a) desconocimiento del procedimiento, b) dificultad en la elección del dinamómetro ⁽²⁾, c) costo elevado del equipo de referencia y d) alta disponibilidad de equipos económicos pero sin información de su validez.

Se dispone de múltiples dinamómetros, los cuales se diferencian en su mecanismo de medición y presentación de resultados. El dinamómetro hidráulico *Jamar* es el equipo reconocido y preferido para medir la fuerza de agarre ^(1,5), se ha asumido como el equipo *gold standard* o de referencia para la validación de otros dinamómetros y asociaciones como *The American Society of Hand Therapists* y *The American Society for Surgery of the Hand* lo han escogido para elaborar sus protocolos de medición de fuerza ^(1,4,5). Por otra parte, el dinamómetro digital *Camry* es un equipo nuevo y del cual no se dispone información sobre su intercambiabilidad con el equipo *Jamar*.

Además, cualquier medición en investigación debe realizarse con equipos apropiados y validados para dicho procedimiento, sin embargo, para el caso de la medición de fuerza de agarre, en múltiples investigaciones no sucedió así. Como caso están los estudios en Colombia de Ramos *et al.* ⁽⁶⁾ en población universitaria y el de Samper *et al.* ⁽⁷⁾ en adultos mayores, en los cuales se utilizó el dinamómetro *Takey*.

El dinamómetro *Takey* no puede ser intercambiado por el dinamómetro *Jamar*, lo cual fue descrito por Amaral, *et al.* ⁽⁸⁾, que evaluaron los CCI (coeficientes de correlación intraclase) entre el *Jamar* y *Takey*, encontrando que no eran estadísticamente significativos y los límites de acuerdo en las gráficas de *Bland Altman* fueron amplios.

Por último, en la búsqueda bibliográfica no se encontraron artículos de validación, comparación o concordancia entre los dinamómetros *Camry* y *Jamar*, por lo cual, el objetivo de esta investigación fue evaluar el grado de concordancia-conformidad del dinamómetro *Camry* en una población de adultos colombianos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio

Estudio transversal de concordancia-conformidad, en hombres y mujeres entre los 18 y 59 años de edad, que para el momento del estudio (agosto a septiembre de 2015) eran parte de la comunidad universitaria de la Universidad El Bosque.

Esta investigación involucró seres humanos, por lo que se dio cumplimiento a los principios éticos de la declaración de Helsinki y de la Asociación Médica Mundial; cada individuo aceptó participar de forma voluntaria, se hizo el proceso de consentimiento informado verbal y de acuerdo con la legislación colombiana, Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de salud, este estudio se consideró de riesgo mínimo.

Población y muestra

Participaron hombres y mujeres entre los 18 y 59 años de edad que podían mantener una postura en bipedestación, erguida, sin uso de apoyos, sin enfermedades que alteran la funcionalidad de la extremidad superior. Se excluyeron personas que reportaron tener enfermedades autoinmunes, mujeres en estado de embarazo o con antecedentes de hospitalización de más de 3 días en los últimos 6 meses.

El cálculo de tamaño de muestra se hizo de acuerdo con el estadístico de Lin ⁽⁹⁾, con una precisión esperada de 0,995, una pérdida de precisión de 0,01, cambio de ubicación por desviación estándar de 0,125 y un cambio de escala del 0,9; con lo anterior se obtuvo un n=20, el cual se utilizó para el tamaño muestral de cada subgrupo a analizar: dos grupos de edad (18-39 y 40-59) y dos grupos de sexo (hombres y mujeres), para un tamaño de muestra total de 80 personas.

El muestreo de los participantes fue a conveniencia, convocándolos en los lugares públicos de la universidad hasta completar la cantidad mínima de sujetos en cada subgrupo de análisis.

Mediciones

Se obtuvo información demográfica (sexo, edad y ocupación) y del estado de salud (comorbilidades, índice de masa corporal y actividad física) mediante entrevista estructurada de forma verbal. También se calculó el Índice de Masa Corporal (IMC).

Los equipos utilizados fueron: a) dinamómetro hidráulico análogo modelo *Jamar* (modelo J00105 *Lafayette Instrument Company*. USA. Capacidad de 90

kg y peso de 727g), b) dinamómetro mecánico digital *Camry* (modelo EH101 *Zhongshan Camry Electronic Co. Ltd.* China. Capacidad de 90 kg y peso de 356 g). A cada dispositivo se le verificó la calibración antes y después del estudio, mediante la aplicación gradual de pesos estandarizados; los dinamómetros se suspendieron en un soporte y las masas se aplicaron directamente en el centro de sus mangos.

La medición de la fuerza de agarre se hizo en la mano dominante, con cada dinamómetro y por triplicado⁽¹⁰⁾. Cada participante inició con un dinamómetro asignado al azar por tabla de números aleatorios generada en computador y luego se alternaron los equipos hasta completar las tres mediciones por cada dinamómetro, entre cada medición se hizo un descanso de 1 minuto con el fin de minimizar el efecto del cansancio muscular.

La postura para la medición de la fuerza de agarre fue la misma para ambos dinamómetros: de pie, con las piernas estiradas y soportando el peso de forma equilibrada en ambos pies, lo pies abiertos al ancho de los hombros, hombro en aducción y neutralmente girado, el codo flexionado a 90°, el antebrazo en posición neutra, la muñeca entre 0° y 30° de dorsiflexión y entre 0° y 15° de desviación cubital. El dinamómetro *Jamar* utilizó la segunda posición de la manija y el *Camry* la tercera, asegurando una longitud de agarre similar entre los equipos. La motivación o estímulo verbal al momento de la medición de la fuerza se hizo de acuerdo con Mathiowetz *et al*⁽¹¹⁾.

Análisis estadístico

La descripción de las variables de sexo, ocupación, diagnósticos, actividad física, mano dominante y dinamómetro de arranque se hicieron por medio de frecuencias y porcentajes, y para las variables de edad, IMC y fuerza de agarre se utilizaron promedios y desviaciones estándar (DE). Para el análisis estadístico de las variables de peso, talla, IMC y fuerza de agarre de cada equipo, se utilizó el promedio de las tres mediciones. Todos los análisis se hicieron por subgrupos según el sexo y el grupo de edad (18-39 y 40-59 años).

Para la correlación entre los equipos y de cada equipo con las variables de peso, talla, IMC y edad se utilizó el estadístico rho, asumiendo como significativo un valor $p < 0,05$.

Para cuantificar la concordancia-conformidad entre los dinamómetros se utilizó el estadístico coeficiente de correlación concordancia de Lin (CCC) (asumiendo

como significativo un IC 95 % del CCC $> 0,9$) y los gráficos de *Bland-Altman*. La base de datos se construyó en Excel y el análisis estadístico se hizo en *STATA 12.0* licenciado para la Universidad El Bosque.

RESULTADOS

Participaron 90 personas, edad media de 36,4 años (DE 12,7), 55,5 % de los participantes tenían menos de 40 años y 54,5 % fueron mujeres. La mayoría de los participantes eran docentes u oficinistas. En cuanto al estado de salud, la hipertensión, la diabetes y las enfermedades tipo gastritis fueron las enfermedades de mayor prevalencia. El promedio de IMC estuvo dentro de la normalidad y en cuanto a actividad física, el 54,4 % de la población manifestó no realizar ejercicio o actividad física regular en el último mes (Tabla 1).

La verificación de calibración de los dispositivos con pesos estandarizados indicó que los equipos presentaron excelente calibración al inicio y final del estudio. El dinamómetro *Jamar* presentó un CCC 0,999 (IC 95 % 0,999 a 1,000) y el dinamómetro *Camry* tenía un CCC 0,998 (IC 95 % 0,995 a 1,000).

Tabla 1. Descripción de la población

	18 a 39 n = 50	40 a 59 n = 40	Total n = 90
Sexo: †			
Masculino	21 (42)	20 (50)	41 (45,5)
Femenino	29 (58)	20 (50)	49 (54,5)
Edad, en años ‡	26,5 (6,7)	48,8 (5,6)	36,4 (12,7)
Ocupación: †			
Estudiante	22 (44)	0 (0)	22 (24,4)
Docente	12 (24)	24 (60)	36 (40)
Secretaria	14 (28)	13 (32,5)	27 (30,5)
Aseador	1 (2)	0	1 (1,1)
Enfermera	1 (2)	3 (7,5)	4 (4,4)
Comorbilidades: †			
Diabetes	1 (6,2)	1 (3,7)	2 (4,6)
Hipertensión	0	3 (11,1)	3(6,9)
Gastritis	1 (6,2)	3 (11,1)	4 (9,3)
Otras	14 (87,5)	20 (74)	34 (79)
IMC, en Kg/m2‡	24,4 (3,6)	25,1 (3,1)	24,7 (3,4)
Actividad física: †			
Caminar-correr	6 (12)	7 (17,5)	12 (12,1)
Gimnasio	3 (6)	4 (10)	4 (4,4)
Futbol-baloncesto	7 (14)	1 (2,5)	8 (8,8)
Bicicleta	2 (4)	2 (5)	6 (6,6)
Otras	4 (8)	2 (5)	8 (8,8)
Ninguna	26 (52)	23 (57,5)	49 (54,4)
Horas <i>hobby</i> semana	4,8 (3,1)	5,5 (3,9)	5,1 (3,4)

† Los valores reportados son frecuencia y porcentaje (%)

‡ Los valores reportados son promedio y desviación estándar (DE)

El 91,1% de la población fue diestra y el 52,2% inició con el dinamómetro *Camry*; el promedio de la fuerza de agarre con el dinamómetro *Jamar* fue de 30,6 kg (DE 10,5) y con el dinamómetro *Camry* fue de 28,9 kg (DE 9,7) (Tabla 2).

La correlación entre los dos equipos fue alta y significativa en toda la población, por sexo y grupos de edad ($\rho > 0,8$ $p < 0,001$), a excepción de las mujeres de 40 - 59 años, que presentaron una correlación moderada ($\rho 0,66$ $p 0,001$).

En el grupo de mujeres de 40 - 59 años, la edad se asoció con la fuerza medida en el dinamómetro *Jamar* ($\rho - 0,51$ $p 0,023$) y con el *Camry* ($\rho - 0,51$ $p 0,02$). En el grupo de hombres de 40 - 59 años, la talla se asoció a la fuerza medida en el equipo *Jamar* ($\rho 0,55$ $p 0,013$) y con el *Camry* ($\rho 0,48$ $p 0,033$). En el resto de los análisis por subgrupos, las variables de peso, talla, IMC y edad no mostraron asociación estadísticamente significativa con la fuerza de agarre medida con cualquiera de los dos dinamómetros.

En relación con el acuerdo-conformidad entre los equipos, el CCC fue significativo en toda la población y en el grupo de edad de 40 - 59 (Tabla 3).

En cuanto a las gráficas de *Bland-Altman*, las diferencias medias entre los dinamómetros fue positiva en todos los subgrupos de análisis y osciló entre 0,3 y 2,9 kg; todos los límites de acuerdo tuvieron valores negativos en el límite inferior y la amplitud de los límites de acuerdo presentaron un rango mínimo de 8,99 kg en el grupo de

mujeres de 40 - 59 años y un rango máximo de 16,1 kg en el grupo de hombres de 18 - 39 años (Tabla 4) (Figura 1).

Discusión de resultados

Éste es el primer estudio que cuantifica la concordancia de un dinamómetro para población colombiana, comparando la concordancia-conformidad del dinamómetro *Camry* con el de referencia o *gold standard Jamar*.

Al describir la concordancia de los dinamómetros, se encontraron valores de CCC significativos a nivel poblacional pero no en los subgrupos, lo que permite inferir que factores como la edad y el sexo son variables de confusión al momento de la validación de equipos de dinamometría de mano.

La falta de acuerdo entre los instrumentos puede deberse a tres factores que difieren entre los equipos: 1) la ergonomía de las manijas de agarre (manija lisa en el *Jamar* y manija con hendiduras en forma de dedos en el *Camry*); 2.) el mecanismo de transmisión para medir la fuerza de prensión (hidráulica en el *Jamar* y mecánica en el *Camry*); 3) el peso de los equipos (el *Camry* es más liviano).

Respecto a la ergonomía de las manijas y el peso de los equipos, los participantes manifestaron que el *Jamar* era más pesado y dieron otras apreciaciones sobre el confort al momento de sujetar los dinamómetros, sin embargo, no se midieron dichas observaciones y por tanto, se recomienda siempre medir el confort en futuras investigaciones.

Tabla 2. Descripción de la fuerza de agarre

	Hombre			Mujer		
	18 a 39 n = 21	40 a 59 n = 20	Total n = 41	18 a 39 n = 29	40 a 59 n = 20	Total n = 49
Mano dominante:†						
Derecha	19 (90,5)	19(95)	38 (92,7)	26 (89,7)	18 (90)	44 (89,8)
Izquierda	2 (9,5)	0	2 (4,9)	2 (6,9)	1 (5)	3 (6,1)
Ambas	0	1 (5)	1 (2,4)	1 (3,4)	1 (5)	2 (4,1)
Dinamómetro arranque: †						
<i>Jamar</i>	11 (52,4)	8 (40)	19 (46,3)	16 (55,2)	8 (40)	24 (49)
<i>Camry</i>	10 (47,6)	12 (12)	22 (53,7)	13 (48,8)	12 (60)	25 (51)
Fuerza <i>Jamar</i> *	39,9 (6,9)	40,4 (7,9)	40,1 (7,3)	23,3 (5,2)	21,8 (2,7)	22,7 (4,4)
Fuerza <i>Camry</i> *	37 (6,8)	38,5 (6,7)	37,7 (6,7)	21,6 (4,9)	21,5 (2,7)	21,5 (4,1)

† Los valores reportados son frecuencia y porcentaje (%)

* Los valores reportados son promedio y desviación estándar (DE)

Tabla 3. Coeficientes de correlación concordancia

		CCC	IC 95 % CCC*
Hombres	18 a 39	0,751	0,572 – 0,930
	40 a 59	0,868	0,765 – 0,971
	Total	0,811	0,712 – 0,911
Mujeres	18 a 39	0,832	0,725 – 0,940
	40 a 59	0,635	0,360 – 0,909
	Total	0,802	0,704 – 0,900
Total	18 a 39	0,922	0,881 – 0,962
	40 a 59	0,956	0,931 – 0,981
	Total	0,938	0,914 – 0,962

* Significancia: > 0,9

CCC: coeficiente de correlación concordancia

Tabla 4. Valores de los gráficos *Bland-Altman*

		Diferencia media (kg)	Límites de acuerdo (kg)	Amplitud límite acuerdo
Hombres	18 a 39	2,871	-5,181 a 10,924	16,105
	40 a 59	1,945	-4,455 a 8,345	12,8
	Total	2,420	-4,841 a 9,680	14,521
Mujeres	18 a 39	1,714	-3,120 a 6,548	9,668
	40 a 59	0,315	-4,180 a 4,810	8,99
	Total	1,143	-3,703 a 5,989	9,692
Total	18 a 39	2,200	-4,211 a 8,611	12,822
	40 a 59	1,130	-4,563 a 6,823	11,476
	Total	1,724	-4,434 a 7,883	12,317

Diferencia media calculada a partir de = kg *Jamar*- kg *Camry*

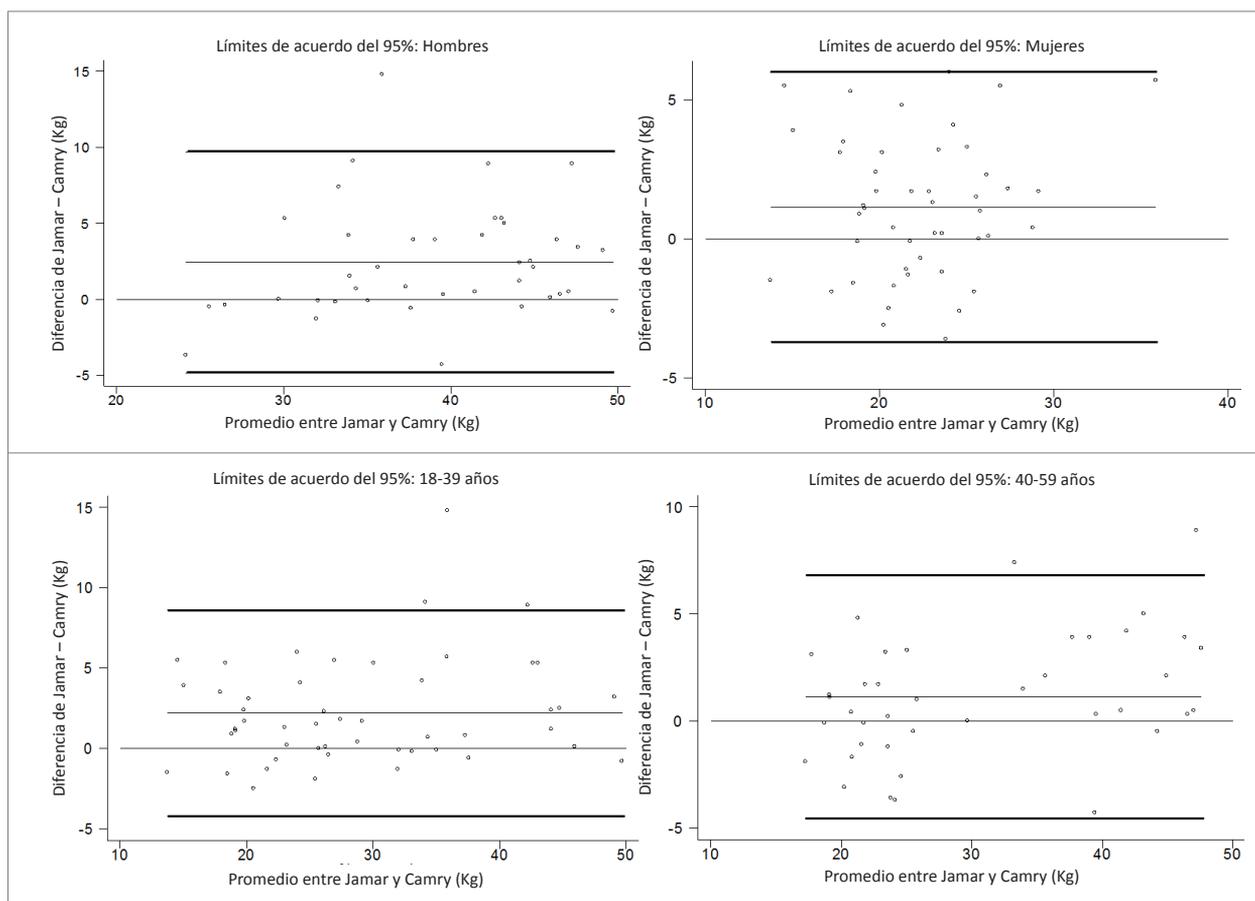


Figura 1. Gráficos de *Bland-Altman* según sexo y grupos de edad

En relación con las diferencias entre las manijas de los equipos y aunado al esfuerzo requerido para maniobrar el peso de un equipo en una posición determinada, estamos de acuerdo con Amaral *et al.*⁽⁸⁾ en que la forma de las manijas configuran la posición de las articulaciones de la mano y por ende se provoca un esfuerzo diferente para cada modelo.

En cuanto al mecanismo de transmisión, equipos hidráulicos podrían ser intercambiados con el *Jamar*, como sucedió en el estudio de Mathiowetz⁽¹²⁾ con el dinamómetro hidráulico *Rolyan*; investigaciones con equipos no hidráulicos han concluido que dichos instrumentos no son intercambiables con el *Jamar*; sin embargo, algunos manifestaron que sí podrían prestar utilidad en acciones de seguimiento y monitoreo de pacientes, como fue el caso de Hogrel⁽¹³⁾ y como podría ser el caso del presente estudio.

En razón a lo anterior, al comparar los resultados de los gráficos de *Bland-Altman* con estudios previos que compararon el *Jamar* con otros equipos diferentes al *Camry*, podríamos decir que nuestra diferencia media entre los dinamómetros es pequeña y los límites de acuerdo son estrechos, lo que permite pensar que el dinamómetro *Camry* es adecuado para ser utilizado en situaciones específicas como el seguimiento o monitoreo de pacientes, lo cual es similar a lo postulado por Hogrel⁽¹³⁾ para el dinamómetro *MyoGrip*, quien encontró respecto al *Jamar* una diferencia media de 4,12 kg y límites de acuerdo de - 4,13 a 12,37 kg, que son valores cercanos a los del presente estudio.

Aunado a lo anterior y a manera de ejemplo de diferencias medias altas y límites de acuerdo amplios que llevaron a concluir que los equipos no son intercambiables con el *Jamar*, están los estudios de Massy *et al.* y Amaral *et al.*; Massy *et al.*⁽¹⁴⁾ compararon el dinamómetro *Grippit* con el *Jamar* y encontraron que la diferencia media fue de 22 N y los límites de acuerdo entre -86 a 129 N. Amaral *et al.*⁽⁸⁾ encontraron una diferencia media entre el *Jamar* y el dinamómetro *Takey* de 17 kg y límites de acuerdo entre -10 a 44,8 kg.

Teniendo en cuenta que los dinamómetros *Jamar* y *Camry* difieren en ergonomía y peso, se espera que en próximas investigaciones se replique este estudio en población geriátrica y en ámbitos hospitalarios, ya que el dinamómetro *Camry* podría ser de utilidad en la práctica médica por su menor peso y reporte de valores cercanos a los del *Jamar*.

CONCLUSIONES

El dinamómetro *Camry* no puede ser intercambiado por el dinamómetro *Jamar*, lo que impide su uso en la investigación biomédica y comparar sus resultados con los valores normativos o de referencia elaborados con el dinamómetro *Jamar*. Sin embargo, el dinamómetro *Camry* podría ser adecuado para hacer monitoreo de pacientes, especialmente adultos mayores y hospitalizados, al ser de menor peso y con ergonomía diferente al *Jamar*, para lo cual se requieren estudios que incluyan dichos grupos poblacionales.

Conflicto de intereses

No declara

Referencias bibliográficas

1. Roberts HC, DenisonsHJ, Martin HJ, Patel HP, Syddall H, Cooper C, et al. A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: towards a standardised approach. *Age Ageing*. 2011;40(4):423-9.
2. Mafi P, Mafi R, Hindocha S, Griffin M, Khan W. A systematic review of dynamometry and its role in hand trauma assessment. *Open Orthop J*. 2012;6(1):95-102.
3. Ploegmakers JJW, Hepping AM, Geertzen JHB, Bulstra SK, Stevens M. Grip strength is strongly associated with height, weight and gender in childhood: a cross sectional study of 2241 children and adolescents providing reference values. *J Physiother*. 2013;59(4):255-1.
4. Dodds RM, Syddall HE, Cooper R, Benzeval M, Deary IJ, Dennison EM, et al. Grip strength across the life course: normative data from twelve British studies. *PLoS ONE*. 2014;9(12):e113637.
5. Weinstock-Zlotnick G, Bear-Lehman J, Yu T. A Test Case: Does the Availability of Visual Feedback Impact Grip Strength Scores When Using a Digital Dynamometer? *J Hand Ther*. 2011;24(3):266-76.
6. Ramos Bermúdez S, Alzate Salazar DA, Ayala Zuluaga JE, Franco Jiménez AM, Sánchez Valencia JA. Perfil de *fitness* de los estudiantes de la Universidad de Caldas. *Hacia promoci. Salud*. 2009;14(1):23-34.
7. Samper Ternent R, Reyes Ortiz C, Ottenbacher K, Cano C. Frailty and sarcopenia in Bogota: results from the SAGE Bogota Study. *Aging Clin Exp Res*. 2017;29(2):265-72.
8. Amaral JF, Mancini M, Novo Júnior JM. Comparison of three hand dynamometers in relation to the accuracy and precision of the measurements. *Braz J Phys Ther*. 2012;16(3):216-24.

9. Lawrence I-Kuei Lin. Assay Validation Using the Concordance Correlation Coefficient. *Biometrics*. 1992;48(2):599-604.
10. Coldham F, Lewis J, Lee H. The Reliability of One vs. Three Grip Trials in Symptomatic and Asymptomatic Subjects. *J Hand Ther*. 2006;19(3):318-27.
11. Mathiowetz V, Weber K, Volland G, Kashman N. Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations. *J Hand Surg Am*. 1984;9(2):222-6.
12. Mathiowetz V. Comparison of Rolyan and Jamar dynamometers for measuring grip strength. *Occup Ther Int*. 2002;9(3):201.
13. Hogrel J. Grip strength measured by high precision dynamometry in healthy subjects from 5 to 80 years. *BMC Musculoskelet Disord*. 2015;16(1):139-49.
14. Massy-Westropp N, Rankin W, Ahern M, Krishnan J, Hearn TC. Measuring grip strength in normal adults: reference ranges and a comparison of electronic and hydraulic instruments. *J Hand Surg Am*. 2004;29(3):514.