

dx.doi.org/10.17488/RMIB.44.3.4

E-LOCATION ID: 1363

Análisis de Variables Antropométricas y su Relación con la Fuerza Pinch

Analysis of the Anthropometric Variables and their Relationship with the Pinch Force

Christian Ricardo Zea Forero¹  , Manuel Medina-Labrador¹ , Magda Viviana Monroy Silva² ,
Nardi Vanesa Martinez Alvarez¹ 

¹Centro de Estudios de Ergonomía, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá - Colombia

²Universidad Santo Tomás, Grupo de Investigación en Procesos Organizacionales, Bogotá - Colombia

RESUMEN

La evaluación de la fuerza en la mano es utilizada en ámbitos de salud y laborales, está compuesta por la fuerza de agarre y la fuerza de pellizco o fuerza pinch (Palmar Pinch - PP y Key Pinch - KP). La fuerza pinch ha sido poco estudiada y relacionada con variables antropométricas. El objetivo del presente trabajo fue determinar la relación entre la fuerza PP y KP con el género, la dominancia, la edad y variables antropométricas. Haciendo uso de un dinamómetro Jamar y con la participación de 681 sujetos (48,9 % F y 51.1 % M) aparentemente sanos de la Ciudad de Bogotá (Colombia), quienes desempeñaban diferentes actividades ocupacionales, se encontró que las fuerzas PP y KP fueron significativamente más altas en los hombres que en las mujeres tanto en la mano no dominante (8.27 Kgf Vs 6.0 Kgf) como en la mano dominante (8.57 Kgf Vs 6.27 Kgf). Se propusieron modelos predictivos que definieron como variables principales la edad, espesor, circunferencia y circunferencia máxima de la mano. En el género femenino se estableció como variable primordial la edad, mientras que en el masculino en dos modelos se define la circunferencia de la mano y en otros dos la circunferencia máxima de la mano.

PALABRAS CLAVE: dinamometría, fuerza Pinch, mano dominante, mediciones antropométricas

ABSTRACT

The evaluation of the force in the hand is used in health and labor fields; it is composed of the grip force and the pinch force (Palmar Pinch - PP and Key Pinch - KP). The pinch force has not had significant amount of studies and connections with anthropometric variables. This work aimed to determine the relationship between the PP and KP strength with gender, dominance, age, and anthropometric variables. Using a Jamar dynamometer and with the participation of 681 subjects apparently healthy (48.9 % F and 51.1 % M) from the City of Bogotá (Colombia), who performed different occupational activities, it was found that the PP and KP forces were significantly higher in men than in women both in the non-dominant hand (8.27 Kgf Vs. 6.0 Kgf) and in the dominant hand (8.57 Kgf Vs 6.27 Kgf). The predictive models proposed in this study defined age, thickness, circumference, and maximum circumference of the hand as the main variables. In the female gender, age was established as the primary variable. At the same time, in the male, the circumference of the hand was defined in two models, and the maximum circumference of the hand in another two.

KEYWORDS: anthropometric measurements, dominant hand, dynamometry, pinch force

Autor de correspondencia

DESTINATARIO: Christian Ricardo Zea Forero
INSTITUCIÓN: Pontificia Universidad Javeriana - Bogotá,
Colombia.
DOMICILIO: Calle 40 # 5-40 Edificio José Gabriel
Maldonado, S.J. Piso 3 - Bogotá D.C., Colombia
CORREO ELECTRÓNICO: crzea@javeriana.edu.co

Recibido:

11 julio 2023

Aceptado:

29 septiembre 2023

INTRODUCCIÓN

La fuerza para agarrar y manipular objetos influye en las funciones de la mano, su deterioro afecta las labores cotidianas. La fuerza Manual de Agarre (*HGS-Handgrip Strength*) y de Pellizco (*PS-Pinch Strength*) influyen al momento de realizar funciones manuales prensiles con un alto grado de demanda y para la ejecución de actividades musculares diarias en las cuales intervengan el uso de músculos de potencia y precisión, dispuestos a manipular los dedos de la mano de forma constante ^{[1][2]}. La medición de HGS y PS se efectúa con dinamómetros especializados y en diferentes posturas.

Existen tres pruebas estándar utilizadas para realizar un estudio de fuerza PS: Pellizco palmar (*palmar pinch - PP*), Pellizco de la llave (*key pinch - KP*) y Pellizco de punta (*tip pinch - TP*). La fuerza PP es un apriete intermedio entre la yema del dedo pulgar y la yema de los dedos medio e índice ^[3]. Esta fuerza requiere la acción de los músculos flexores superficiales de los dedos índice y medio, juntamente con los músculos tenares para estabilizar las falanges media y proximal del pulgar en flexión, respectivamente ^[4]. El PP Se usa en el 60 % de las actividades de la vida diaria, un ejemplo de este tipo de fuerza es cuando se utiliza un bolígrafo ^[5].

La fuerza *KP* se realiza entre la yema del dedo pulgar y la cara lateral de la falange media del dedo índice, como si se metiera una llave en una cerradura ^{[4][5]}. Este pellizco requiere la utilización de la musculatura aductora del pulgar. La fuerza *TP* es la más fina y precisa de los pellizcos realizados por los dedos, se logra utilizando la yema de los dedos pulgar e índice y se utiliza para agarrar objetos pequeños ^[4].

Los estudios de fuerza en miembros superiores se han especializado en la medición de fuerza de agarre y fuerza pinch, encontrando menor número de reportes de esta última. Los reportes muestran la posible correlación de la fuerza de agarre con diferentes variables: género ^[6], edad ^[7], dominancia de la mano ^[8], actividad

física diaria ^{[9][10]}, ocupación ^[11], estado de salud ^[12], factores antropométricos ^{[13][14]}, postura ^[15], y estado nutricional de la persona ^[16].

En Colombia, se han realizado reportes en publicaciones arbitradas y no arbitradas que han desarrollado diferentes diseños metodológicos encaminados a determinar la relación de la fuerza manual de agarre asociándolas a variables como la talla, peso, edad, género y dominancia manual ^{[10][17][18][19][20][21][22]}. Sin embargo, son estudios aislados, de diferentes regiones del país, y que adicionalmente utilizan diferentes metodologías y equipos para dimensionar la fuerza lo cual no permite una unificación ni generalización de resultados en el momento de pensar en la población colombiana a nivel general ni tampoco a nivel específico.

Objetivo

En cuanto a la fuerza pinch, existe escasez de datos y análisis en población colombiana. El objetivo del presente estudio fue determinar la influencia de las covariables género, edad, altura, peso, índice de masa corporal (IMC), dominancia y medidas antropométricas de la mano durante la realización de fuerza de pellizco palmar (PP) y de llave (KP).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los participantes provinieron de una convocatoria abierta en diferentes centros empresariales y oficinas en Bogotá, Colombia. La característica de los sujetos del estudio fue finita y discreta. El total de los incorporados fue de 681 personas durante el lapso de enero a junio de 2022, de los cuales 333 pertenecieron al género femenino y 348 al masculino. Fueron excluidos de la investigación los participantes que presentaran antecedentes de desórdenes músculo esqueléticos, diagnósticos médicos en miembros superiores y entrenamiento físico en miembros superiores. Los inscritos fueron todos colombianos y con las características descritas en la Tabla 1.

La recolección de la información en campo se realizó mediante dos formularios. El Formulario (1) de Consentimiento Informado, aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana Nro. 12. El formulario 2 de Recolección de Información que incluye los datos demográficos y condiciones de salud auto reportadas. Adicionalmente este formulario se registraban los resultados la fuerza PP y KP. Estos instrumentos no presentaron estudios psicométricos y fueron creados por el equipo de investigación del Centro de Estudios de Ergonomía de la Pontificia Universidad Javeriana Bogotá.

TABLA 1. Información demográfica de los participantes.

Género	Femenino (48.9 %) Masculino (51.1 %)
Mano dominante	Derecha (89.1 %) Izquierda (7.5 %) Ambas (3.4 %)
(IMC)	24.661, DS=3.805
Edad	Femenino 35.641, DS 12.790 Masculino 32.327, DS 11.704
Altura (cm)	Femenino 160.14, DS 6.189 Masculino 171.88, DS 6.857
Peso (Kg)	Femenino 62.93, DS 11.23. Masculino 74.10, DS 11.55

Dimensionamiento Antropométrico y Postura

Las dimensiones antropométricas de las manos de los participantes se realizaron con cinta métrica, calibrador pie de rey y un cono antropométrico. Las técnicas de medición antropométricas fueron seguidas de acuerdo con estudios similares ^{[11][23][24][25][26]}; establecidas por NASA 1024 (Anthropometric Source Book II - 1978) ^[27].

El dimensionamiento sigue la metodología reportada por Mohammad ^[26] y señala los pasos para realizar el dimensionamiento antropométrico: i) dos longitudes (longitud máxima de mano (1) y longitud palmar (2)), ii) dos anchos (ancho de la mano (3) y ancho máximo de la mano (4)), iii) el espesor de la mano (5), iv) el diámetro de agarre (6) y v) dos dimensiones de circunferencia (circunferencia máxima de la mano (7) y circunferencia de la mano (8)). En la Figura 1 se muestra la

forma en la cual se realizó el dimensionamiento de la mano.

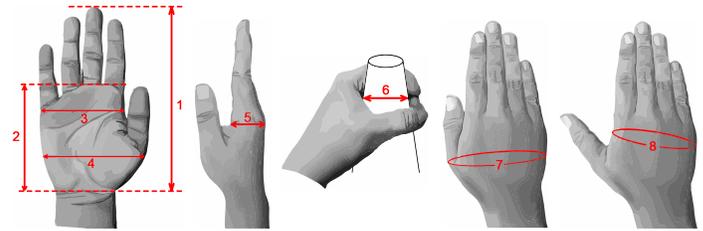


FIGURA 1. Dimensionamiento antropométrico de la mano.

La postura para realizar la medición de la fuerza PP y KP fue definida de acuerdo a las indicaciones dadas por la ASTH (American Society of Hand Therapists) y que ha sido utilizada por otros estudios ^{[3][6][8]}: Las pruebas se deben realizar con la persona sentada, utilizando una silla que permita tener soporte lumbar y los pies deben estar totalmente apoyados en el piso, por otro lado, el brazo debe estar cercano al cuerpo y el antebrazo y codo flexionado a noventa grados, pero sin tener ningún tipo de apoyo que interfiera con las extremidades corporales, en esa misma dirección, se debe encontrar las muñeca.

Dimensionamiento de las Fuerzas

La medición de la fuerza PP y KP fueron realizadas con un dinamómetro de pinch marca Jamar, calibrado antes de iniciar las mediciones bajo la Norma ABNT-NBR-8197:2012. Para cada una de las fuerzas los participantes realizaron tres mediciones con la mano derecha y tres con la mano izquierda. El primer intento se realizaba con la mano derecha e inmediatamente después se realizaba con la mano izquierda y así sucesivamente hasta completar las tres mediciones en cada mano. La persona debía sostener la fuerza durante tres segundos y el tiempo de descanso para cada medición de fuerza era de cinco segundos. En la Figura 2 se observa la forma en la cual las personas manipularon el dinamómetro.

Análisis Estadísticos

Los datos recolectados fueron almacenados en Excel,

luego procesados en SPSS versión 28 y analizados bajo la segmentación del género, para PP y KP; tanto para mano dominante y no dominante. Los análisis incluyeron tres fases: (a) descriptiva, (b) bivariada (ANOVA y t de student) y (c) multivariante a través de una regresión lineal.



a)

Medición de fuerza PP (Palmar Pinch)



b)

Medición de fuerza KP (Key Pinch)

FIGURA 2. Medición de fuerza PP y KP.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta la escritura como mano dominante, el 90.1 % de los participantes femeninos y el 88.2 % de los masculinos fueron diestros, el 5.4 % de las mujeres y el 1.5 % de los hombres fueron zurdos, el 4.5 % de las mujeres y el 2.3 % de los hombres fueron ambidiestros. Esta última condición fue considerada y medida para este estudio como diestros para todos los sujetos.

Características Antropométricas

Las siguientes son las características antropométricas de los participantes de acuerdo al género. El promedio de estatura en los hombres es mayor que el de las

mujeres (M= 171.81 cm, DS= 6.85 vs M= 160.14 cm, DS= 6.18). Respecto al peso se observa mayor valor entre los hombres (M= 74.10 kg, DS= 12,1 vs M= 62.93 kg, DS= 11,9;). Con relación a la circunferencia de la mano se presenta menor valor en las mujeres (18.42 cm, DS= 1.58 VS 21.11 cm, DS= 1.88), igual sucede en cuanto a la circunferencia máxima de la mano (21.77 cm, DS= 1.42 vs 24.77 m, DS= 1.58). Así mismo, se observó valores menores en las mujeres respecto a los hombres en cuanto a: espesor de la mano (2.59 cm, DS= 0.5 vs 2.97 cm, DS= 0.5), ancho de la mano (7.67 cm, DS = 1.10 vs 8.55 cm, DS= 1.05), ancho máximo de la mano (9.02 cm, DS= 1.26 vs 10.13 cm, DS= 1.18), longitud palmar (10.12 cm, DS= 1.83 vs 11.20 cm, DS= 2.02) y longitud máxima palmar (16.94 cm, DS= 1.31 vs 18.44 cm, DS= 1.31).

Desarrollo del Protocolo de Estudio

El análisis de los datos y productos de esta investigación se realizaron teniendo en cuenta la dominancia de la mano y el género:

FPPD: Fuerza Palmar Pinch en mano dominante en género femenino.

MPPD: Fuerza Palmar Pinch en mano dominante en género masculino.

FPPND: Fuerza Palmar Pinch en mano no dominante en género femenino.

MPPND: Fuerza Palmar Pinch en mano no dominante en género masculino.

FKPD: Fuerza key Pinch en mano dominante en género femenino.

MKPD: Fuerza key Pinch en mano dominante en género masculino.

FKPND: Fuerza key Pinch en mano no dominante en género femenino.

MKPNND: Fuerza key Pinch en mano no dominante en género masculino.

En cuanto al género, los resultados indican que existe mayor fuerza PP no dominante (kgf) en el género masculino (M=8.27, DS=1.42) vs el género femenino

($M=6.0$, $DS=1.42$). Sucede lo mismo para la fuerza PP dominante (kgf) ($M_{\text{masculino}} = 8.57$, $DS=1.48$) ($M_{\text{femenino}} = 6.27$, $DS=1.44$). Respecto a la fuerza KP (kgf), también existen mayores valores en el género masculino vs el femenino, tanto para la mano dominante como para la no dominante: Mano no dominante ($M_{\text{masculino}} = 9.42$, $DS=1.60$) ($M_{\text{femenino}} = 6.62$, $DS=1.22$) y mano dominante ($M_{\text{masculino}} = 8.82$, $DS=1.51$) ($M_{\text{femenino}} = 6.19$, $DS=1.22$) (Tabla 2).

La correlación entre la fuerza y todas las variables independientes se exploró con base en un análisis bivariado de Pearson y se cumplieron todos los supuestos de independencia de observaciones, relación lineal entre las variables, ausencia de valores atípicos, homocedasticidad, normalidad de los residuos, colinealidad a través de VIF y Durbin-Watson (Tabla 2).

Fuerza Palmar Pinch (PP)

En referencia al grupo PP no dominante en el género femenino no se encontraron relaciones estadísticamente significativas con: IMC, peso corporal, circunferencia de la mano, circunferencia máxima de la mano, espesor de la mano, ancho de la mano, ancho máximo de la mano y longitud máxima palmar. Se encontraron asociaciones con las variables género, longitud palmar $R^2=3.6\%$, altura $R^2=2.4\%$, Edad $R^2=10.1\%$ (Figura 3) y ancho máximo palmar $R^2=0.6\%$ (Tabla 2).

En cuanto al género masculino se encontraron diferencias significativas y modelos explicativos en el modelo de regresión lineal con respecto a: IMC $R^2=1.8\%$, ancho máximo de la mano $R^2=0.8\%$, circunferencia de la mano $R^2=4.2\%$, circunferencia máxima de la mano $R^2=3.6\%$, espesor de la mano $R^2=2.4\%$ y peso corporal $R^2=2.2\%$. No se reportan relaciones con la edad, altura, ancho de la mano, longitud palmar y longitud máxima palmar.

En lo correspondiente al grupo PP dominante en el género femenino no se encontraron asociaciones con la variable mano dominante, IMC, circunferencia de

la mano, circunferencia máxima de la mano, espesor de la mano, ancho máximo de la mano y longitud máxima palmar. Sin embargo, se reportan relaciones con: edad $R^2=9.4\%$ (Figura 3), la longitud palmar $R^2=4.5\%$, la Altura reporta $R^2=2.6\%$ y el ancho de la mano $R^2=1.4\%$.

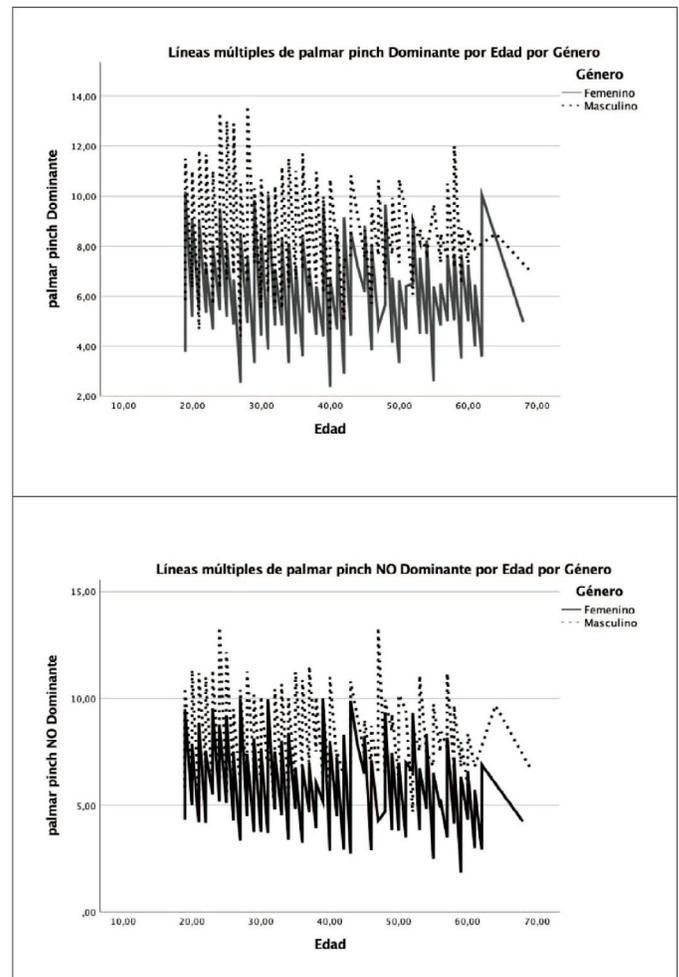


FIGURA 3. Fuerza PP en mano dominante y no dominante Vs edad.

Respecto al género masculino no se reportan relaciones con la mano dominante, IMC, altura, peso corporal, ancho de la mano y longitud máxima palmar. Por otro lado, se presentan relaciones con las siguientes variables de acuerdo al modelo de regresión lineal: circunferencia de la mano $R^2=3.5\%$, espesor de la mano $R^2=3\%$, circunferencia máxima de la mano $R^2=2.2\%$, edad $R^2=1.5\%$, longitud palmar $R^2=1.16\%$ y ancho máximo de la mano $R^2=0.1\%$ (Tabla 3).

TABLA 2. Correlaciones entre variables.

Variables		PPND	P	PPD	P	KPD	P	KPND	P
IMC (kg/m ²)	M	0.133*	0.013	0.041	0.449	0.198**	<.001	0.238**	<.001
	F	-0.013	0.854	0.190	0.727	0.179**	0.001	0.018**	<.001
Edad	M	-0.007	0.895	-0.123	0.021	0.106	0.049	0.040	0.453
	F	-0.318**	<.001	0.307**	<.001	0.158**	<.001	0.173**	<.001
Altura (cm)	M	0.061	0.253	0.093	0.085	0.082	0.129	0.044	0.416
	F	0.155**	0.005	0.162**	0.003	0.129*	0.019	0.124**	0.002
Peso (Kg)	M	0.150**	0.005	0.080	0.136	0.220**	<.001	0.240**	<.001
	F	0.590	0.283	0.032	0.557	0.220**	<.001	0.222**	<.001
Circunferencia de la mano (cm)	M	0.206**	<.001	0.186**	<.001	0.334**	<.001	0.329**	<.001
	F	0.003	0.962	0.019	0.727	0.160**	0.004	0.199**	<.001
Circunferencia máxima de la mano (cm)	M	0.189**	<.001	0.150**	0.006	0.367**	<.001	0.367**	<.001
	F	0.047	0.397	0.110	0.838	0.156**	0.004	0.165**	0.003
Espesor de la mano (cm)	M	0.155**	0.005	0.173**	0.002	0.280**	<.001	0.285**	<.001
	F	0.001	0.979	0.180	0.738	0.117*	0.033	0.111**	0.043
Ancho de la mano (cm)	M	0.105	0.055	0.060	0.272	0.180**	<.001	0.177**	0.001
	F	-0.105	0.057	-0.011	0.003	0.023	0.680	0.046	0.405
Ancho máximo de la mano (cm)	M	0.087	0.111	0.033	0.546	0.143**	0.009	0.137*	0.012
	F	-0.075	0.171	-0.080	0.147	0.060	0.274	0.035	0.524
Longitud palmar (cm)	M	0.107	0.051	0.125**	0.022	-0.108*	0.049	-0.122*	0.040
	F	0.194**	<.001	0.212**	<.001	0.051	0.359	0.111**	0.004
Longitud máxima palmar (cm)	M	0.067	0.224	0.076	0.164	0.149**	0.006	0.051	0.348
	F	0.50	0.354	0.034	0.533	0.106	0.053	0.137	0.001

Correlación de Pearson, (*) significativa a nivel de 0.01 y (**) significativa a nivel de 0.001.

TABLA 3. Relaciones entre variables.

Variables		PPND (Media)	Significancia estadística	PPD (Media)	Significancia estadística	KPD (Media)	Significancia estadística	KPND (media)	Significancia estadística
Género	M	8.278	t de Student	8.577	t de Student	9.272	t de Student	8.823	t de Student
			-20.783 (p<0.001)		-20.493 (p<0.001)		-25.696		-24.803 (p<0.001)
	F	6.000		6.277		6.624	(p<0.001)	6.192	
IMC (kg/m ²)	M	8.285	F 6.212 p=(0.013)		Sin relación	9.430	F 19.923 p=(0.001)	8,83	F 11.117 p=(0.001)

TABLA 3. Relaciones entre variables (continuación de la pag. 61).

	F	6.000		6.277		6.624	(p<0.001)	6.192	
IMC (kg/m ²)	M	8.285	F 6.212 p=(0.013)		Sin relación	9.430	F 19.923 p=(0.001)	8,83	F 11.117 p=(0.001)
	F		Sin relación			6.626	F 13.986 p=(0.001)	6.195	F 20.655 p=(0.001)
Edad	M		Sin relación	8.577	F 5.356 p=(0.001)	9.429	F 3.901 p=(0.049)		Sin relación
	F	6.000	F 37.252 p=(0.001)	6.275	F 34.276 p=(0.001)	6.626	F 8.494 p=(0.004)	6.195	F 10.172 p=(0.002)
Altura (cm)	M		Sin relación		Sin relación		Sin relación		Sin relación
	F	6.010	F 8.126 p=(0.005)	6.286	F 8.920 p=(0.003)	6.630	F 5.586 p=(0.019)	6.193	F 5.185 p=(0.023)
Peso (Kg)	M	8.285	F 7.900 p=(0.005)		Sin relación	9.430	F 17.416 p=(0.001)	8.830	F 17.013 p=(0.001)
	F		Sin relación		Sin relación	6.626	F 16.798 p=(0.001)	6.195	F 20.972 p=(0.001)
Circunferencia de la mano (cm)	M	8.759	F 14.711 p=(0.001)	8.550	F 11.970 p=(0.001)	9.442	F 40.500 p=(0.001)	7.400	F 41.900 p=(0.001)
	F		Sin relación		Sin relación	6.190	F 9.170 p=(0.001)	5.830	F 8.610 p=(0.001)
Circunferencia máxima de la mano (cm)	M	8.795	F 12.320 p=(0.001)	8.555	F 7.644 p=(0.001)	9.442	F 7.640 p=(0.001)	7.850	F 51.830 p=(0.001)
	F		Sin relación		Sin relación	6.190	F 13.510 p=(0.001)	6.111	F 8.200 p=(0.001)
Espesor de la mano (cm)	M	8.797	F 8.140 p=(0.001)	8.554	F 10.230 p=(0.001)	9.493	F 29.240 p=(0.001)	8.610	F 28.250 p=(0.001)
	F		Sin relación		Sin relación	6.190	F 4.110 p=(0.001)	6.340	F 4.577 p=(0.001)
Ancho de la mano (cm)	M		Sin relación		Sin relación	9.442	F 10.760 p=(0.001)	8.410	F 11.090 p=(0.001)
	F			6.266	F 4.588 p=(0.001)		Sin relación		Sin relación

TABLA 3. Relaciones entre variables (continuación de la pag. 63).

Ancho máximo de la mano (cm)	M	8.795	F 51.874 p=(0.001)	8.554	F 7.645 p=(0.006)	9.442	F 51.833 p=(0.001)	8.250	F 12.328 p=(0.001)
	F	6.190	F 13.512 p=(0.001)		Sin relación	6.621	F 8.280 p=(0.004)		Sin relación
Longitud palmar (cm)	M		Sin relación	8.555	F 5.310 p=(0.001)	9.442	F 4.260 p=(0.001)	8.795	F 3.890 p=(0.001)
	F	6.000	F 3.833 p=(0.001)	6.000	F 15.555 p=(0.001)	6.180	F 4.088 p=(0.004)	6.372	F 4.081 p=(0.044)
Longitud máxima palmar (cm)	M		Sin relación		Sin relación	9.442	F 7.566 p=(0.006)	8.260	F 7.560 p=(0.001)
	F					6.18	F 6.260 p=(0.004)		Sin relación

Fuerza de Pellizco de Llave (KP)

En razón al grupo KP no dominante se encontraron diferencias respecto al género. En lo que respecta en particular al género femenino, no se reportan relaciones con la mano dominante, ancho de la mano, y longitud máxima palmar. Los resultados indican relaciones con las variables: IMC $R^2= 4.9 \%$, circunferencia máxima de la mano $R^2=2.4 \%$, circunferencia de la mano $R^2= 2.6 \%$, edad $R^2= 2.5 \%$, altura $R^2 = 1.7 \%$, espesor de la mano $R^2= 1.4 \%$ y longitud palmar $R^2= 1.2 \%$ (Tabla 3).

En lo concerniente al género masculino no se encontraron asociaciones con la mano dominante, edad y altura. Por otro lado, sí se encontraron asociaciones con circunferencia máxima de la mano $R^2 =13.5 \%$, circunferencia de la mano $R^2= 11.2 \%$, espesor de la mano $R^2 =8.01 \%$, IMC $R^2= 4.8 \%$, ancho de la mano $R^2= 3.2 \%$, ancho máximo de la mano $R^2= 2.2 \%$, longitud máxima palmar $R^2= 2.2 \%$, longitud palmar $R^2=1.12 \%$ y edad $R^2=1.10 \%$ (Tabla 3). El comportamiento de la fuerza KP de acuerdo al género y la edad se puede ver en la Figura 4.

Finalmente, el grupo KP dominante reporta al igual que en el grupo no dominante diferencias en cuanto al

género. El género femenino presentó relación con circunferencia máxima de la mano $R^2= 4 \%$, IMC $R^2= 3.2 \%$, edad $R^2= 2.5 \%$, circunferencia de la mano $R^2= 2.7 \%$, longitud máxima palmar $R^2=1.9 \%$, altura $R^2=1.5 \%$, espesor de la mano $R^2=1.2 \%$, longitud palmar $R^2=1.2 \%$ y ancho máximo de la mano $R^2=0.4 \%$. No se reportan asociaciones respecto a la mano dominante, IMC, rangos de edad, ancho de la mano y ancho máximo de la mano.

Respecto al género masculino se encontraron asociaciones con espesor de la mano $R^2=8.01 \%$, ancho de la mano $R^2= 3.10 \%$, longitud palmar máxima $R^2=2.2 \%$, circunferencia máxima de la mano $R^2=1.30 \%$, ancho máximo de la mano $R^2= 1.9 \%$, longitud palmar $R^2= 1.13 \%$, la circunferencia de la mano $R^2= 1.08 \%$ y edad $R^2= 0.8 \%$. Las demás variables altura y mano dominante no presentan relación alguna.

Resultados Predictivos

Las siguientes ecuaciones (1 a 8) muestran los efectos de las variables independientes que influyen en cada una de las fuerzas de estudio dependiendo del género; fueron realizadas con base en un modelo de regresión lineal. Estas ecuaciones permiten estimar un valor específico para cada caso de las variables dependientes y tienen su fuente en la recolección de los datos

entre los sujetos de esta investigación. Los valores de R^2 se encuentran entre 4 % y 18.2 %, con características significantes $p \leq 0.05$.

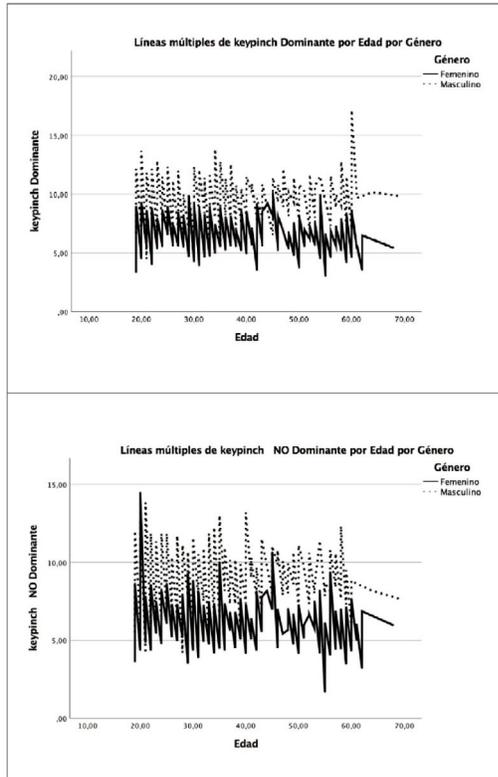


FIGURA 4. Fuerza KP en mano dominante y no dominante Vs edad.

$$F(PPD)_{femenino} = 2.203 - (0.029)Edad + (0.026)Altura + (0.094)Longitud\ Palmar, \\ p = 0.01 \text{ y } R^2 = 12.4 \% \quad (1)$$

$$M(PPD)_{masculino} = 2.887 + (0.146)Longitud\ palmar + (0.133)Circunferencia\ de\ la\ mano + (0.410)Espesor\ de\ la\ mano, \\ p = 0.01 \text{ y } R^2 = 8.90 \% \quad (2)$$

$$F(PPND)_{femenino} = 3.024 - (0.034)Edad + (0.026)Altura \quad p = 0.001 \text{ y } R^2 = 11.6 \% \quad (3)$$

$$M(PPND)_{masculino} = 5.060 + (0.151)circunferencia\ de\ la\ mano, \\ p < .0 \text{ y } R^2 = 4 \% \quad (4)$$

$$F(KPD)_{femenino} = 4.002 - (0.025)Edad + (0.030)Peso + (0.089)Circunferencia\ de\ la\ mano, \\ p = 0.001 \text{ y } R^2 = 12.40 \% \quad (5)$$

$$M(KPD)_{masculino} = 0.030 + (0.319)Circunferencia\ máxima\ de\ la\ mano + (0.504)Espesor\ de\ la\ mano, \\ p < .0 \text{ y } R^2 = 16.70 \% \quad (6)$$

$$F(KPND)_{femenino} = 2.614 - (0.028)Edad + (0.028)Peso + (0.130)Circunferencia\ máxima\ de\ la\ mano, \\ p < .0 \text{ y } R^2 = 13.7 \% \quad (7)$$

$$M(KPND)_{masculino} = -0.339 + (0.256)Circunferencia\ de\ la\ mano + (0.444)Espesor\ de\ la\ mano + (0.059)IMC, \\ p < .001 \text{ y } R^2 = 18.2 \% \quad (8)$$

Discusión

El presente estudio se realizó con el fin de determinar la influencia de las covariables género, edad, altura, peso, índice de masa corporal, dominancia, ocupación y medidas antropométricas de la mano respecto al pellizco palmar (PP) y de llave (KP) en una población que desempeña diferentes actividades laborales en la ciudad de Bogotá.

Los principales hallazgos se encuentran representados en que los esfuerzos PP y KP fueron significativamente más altos en los hombres que en las mujeres. Adicionalmente, los resultados de las fuerzas PP y KP, son congruentes con los encontrados por Dianat ^[1] y Gachette ^[14], ya que las fuerzas fueron mayores en la mano dominante al compararlos con la mano no dominante.

Con respecto a la edad y al género, en los hombres, la mayor fuerza PP en mano dominante se realiza entre los 25 y 30 años y a partir de esa edad, comienza a decrecer, en cuanto a la fuerza PP en la mano no dominante los mayores valores de fuerza máxima ocurren entre los 20 a 25 años. En cuanto a la fuerza KP en

mano dominante los mayores valores de fuerza se encuentran entre los 30 a los 35 años y en la fuerza KP no dominante se encuentran entre los 20 a los 25 años. El estudio realizado por Werle ^[7] reporta que la mayor fuerza pinch KP en los hombres sucede entre los 25 a 29 años y entre los 40 y 44 años en mano dominante, en la mano no dominante se encuentra entre los 35 a 44 años.

En las mujeres, los mayores valores de fuerza PP en mano dominante y PP en mano no dominante ocurren entre los 25 y 30 años. Los mayores valores de fuerza KP en mano dominante ocurren entre los 27 y 30 años, mientras que para la fuerza KP en mano no dominante los mayores valores fueron registrados entre los 20 y 30 años. En el mismo estudio de Werle ^[7] menciona que en las mujeres, la mayor fuerza KP en mano dominante ocurre entre los 35 y 39 años, mientras que en la mano no dominante ocurre entre los 30 y 39 años.

El desarrollo de esta investigación determinó que la fuerza pinch PP y KP en mano dominante y no dominante en el género femenino tiene correlación con la edad y la altura. Este hallazgo se encuentra acorde con el reporte realizado por Rostamzadeh ^[2] quien en el estudio realizado para población adolescente también reporta correlaciones con la edad y la altura de las personas en los mismos tipos de fuerza; Aunque Gachette ^[14] no discrimina el tipo de la fuerza pinch, también determina correlación para la edad y la altura.

Por otro lado, las variables que guardan correlación en el género masculino son el espesor de la mano y la fuerza pinch PP y KP en mano dominante y no dominante. Aunque el estudio de Rostamzadeh ^[2] no reporta directamente resultados respecto al espesor de la mano, si reporta valores de profundidad de mano que podrían compararse y menciona que no existe correlación entre la profundidad y ninguno de los dos tipos de fuerza pinch dimensionados.

De acuerdo con la revisión literaria realizada hasta

2021, esta es una primera aproximación que buscó caracterizar esfuerzos de pellizco teniendo en cuenta diferentes poblaciones laborales en la ciudad de Bogotá. Sin embargo, es indispensable tener cuidado al aplicarlos en un caso de estudio debido a que los resultados solo se pueden generalizar a la población estudiada. Es pertinente adelantar otros estudios complementarios en los cuales se pueda tener en cuenta otro tipo de variables como por ejemplo el pellizco de punta (tip-pinch) y variables antropométricas que pertenezcan al brazo y al antebrazo.

CONCLUSIONES

El presente estudio tuvo en cuenta el dimensionamiento de 7 variables antropométricas de la mano, adicionalmente se incluyó la estatura, el peso corporal, el IMC asociado a cada persona y la edad con el fin de determinar su relación en el desarrollo de las fuerzas PP y KP en mano dominante y mano no dominante, lo que permitió el planteamiento de 8 modelos predictivos divididos por tipo de fuerza, género y dominancia.

De los modelos predictivos descritos, se pudo observar que en ninguno se encuentra el uso de las variables IMC, ancho de mano, ancho máximo de mano y longitud máxima palmar. Las variables que más se repiten, en su orden son: edad, circunferencia de la mano, circunferencia máxima de la mano y el espesor de la mano, mientras que las que menos se repiten son altura, longitud palmar y peso.

En futuros estudios de fuerza de pellizco se sugiere adicionar la fuerza TP (Tip pinch), determinar la fuerza en los diferentes tipos de pellizco como por ejemplo PP (palmar pinch), KP (key pinch) y TP (Tip pinch) debido a que los valores de fuerza presentan diferentes asociaciones entre la postura, el género, la edad, el peso y la ocupación que desempeñe la persona. Adicionalmente se sugiere evaluar personas en un mayor número de actividades con lo cual se podrían proponer ecuaciones predictoras para poblaciones generales y específicas. La medición, caracterización y

predicción de la fuerza de pellizco determinaría la posible pérdida de fuerza y adicional permitiría cuantificarla de manera adecuada teniendo en cuenta las variables mencionadas.

AGRADECIMIENTOS

Los recursos utilizados en el proyecto se establecieron de la siguiente forma: a) Equipos y personal que hacen parte del Centro de Estudios de Ergonomía de la Pontificia Universidad Javeriana y b) recursos económicos y personal de la Universidad Santo Tomás asignados al proyecto por medio de la convocatoria FODEIN - Fondo de Investigación Universidad Santo Tomás.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

C.R.Z.F. y M.V.M.S conceptualizaron el proyecto, diseñaron y desarrollaron la metodología, realizaron los análisis formales, proporcionaron recursos materiales e informáticos, obtuvieron el financiamiento, participaron en todas las etapas de redacción del manuscrito y supervisaron el proyecto. M.M.L y N.V.M.A. participaron en la recopilación y curación de datos, llevaron a cabo análisis formales, participaron en el desarrollo de la metodología y contribuyeron a la redacción, edición y revisión del manuscrito. Todos los autores revisaron y aprobaron la versión final del

REFERENCIAS

- [1] I. Dianat, H. Feizi, y K. Hasan-khali, "Pinch Strengths in Healthy Iranian Children and Young Adult Population," *Health Promot. Perspect.*, vol. 5, no. 1, pp. 52-58, 2015, doi: <https://doi.org/10.15171/hpp.2015.007>
- [2] S. Rostamzadeh, M. Saremi, S. Vosoughi, B. Bradtmiller, L. Janani, A. A. Farshad, F. Taheri. "Analysis of hand-forearm anthropometric components in assessing handgrip and pinch strengths of school-aged children and adolescents: a partial least squares (PLS) approach," *BMC Pediatr.*, vol. 21, art. no. 39, 2021, doi: <https://doi.org/10.1186/s12887-020-02468-0>
- [3] A. C. de C. Ferreira, A. C. Shimano, N. Mazzer, C. H. Barbieri, V. M. C. Elui, y M. de C. R. Fonseca, "Grip and Pinch Strength in Healthy Children and Adolescents," *Acta Ortop. Bras.*, vol. 19, no. 2, pp. 92-97, 2011, doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-78522011000200006>
- [4] A. A. M. Shaheen, M. T. A. Omar, y O. I. Ali, "Normative values of handgrip and pinch strengths in healthy female college students in Riyadh, Saudi Arabia: a cross-sectional study," *Bull. Fac. Phys. Ther.*, vol. 26, art. no. 1, 2021, doi: <https://doi.org/10.1186/s43161-021-00019-x>
- [5] N. Smaby, M. E. Johanson, B. Baker, D. E. Kenney, W. M. Murray, y V. R. Hentz, "Identification of key pinch forces required to complete functional tasks," *J. Rehabil. Res. Dev.*, vol. 41, no. 2, pp. 215-224, 2004, doi: <https://doi.org/10.1682/jrrd.2004.02.0215>
- [6] H. Leal Cárcamo, M. San-Martín Correa, S. Martínez-Huenschullán, y R. M. Barría, "Fuerza prensil en adultos chilenos sanos de 20 a 69 años: un estudio transversal," *Fisioterapia*, vol. 43, no. 3, pp. 136-142, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ft.2020.10.003>
- [7] S. Werle, J. Goldhahn, S. Drerup, B. R. Simmen, H. Sprott, and D. B. Herren, "Age- and gender-specific normative data of grip and pinch strength in a healthy adult Swiss population," *J. Hand Surg. Eur. Vol.*, vol. 34, no. 1, pp. 76-84, 2009, doi: <https://doi.org/10.1177/1753193408096763>
- [8] S. M. F. Bernardes, A. Assunção, C. Fужão, and F. Carnide, "Normative reference values of the handgrip strength for the portuguese workers," *PLoS One*, vol. 15, no. 8, art. no. e0236555, 2020, doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236555>
- [9] R. Santos Neves, A. José Lopes, S. L. Silveira de Menezes, T. R. de Lemos Lima, A. de Sá Ferreira y F. Silva Guimarães, "Hand grip strength in healthy young and older Brazilian adults: development of a linear prediction model using simple anthropometric variables," *Kinesiology*, vol. 49, no. 2, pp. 208-216, 2017, doi: <http://dx.doi.org/10.26582/k.49.2.5>
- [10] C. H. Gonzalez Correa, L. E. Sepúlveda Gallego, L. Santafé Sánchez, "Different reference values for hand dynamometry: A conflicting issue," *Nutr. Clín. Diet. Hosp.*, vol. 37, no. 3, pp. 104-110, 2017, doi: <https://doi.org/10.12873/373gonzalezcorrea>
- [11] M. Saremi y S. Rostamzadeh, "Hand Dimensions and Grip Strength: A Comparison of Manual and Non-manual Workers," in *Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018)*, Florencia, Italia, 2018, pp. 520-529, doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-96065-4_56
- [12] M.-H. Lin, C.-Y. Chang, D.-M. Wu, C.-H. Lu, C.-C. Kuo y N.-F. Chu, "Relationship of Multimorbidity, Obesity Status, and Grip Strength among Older Adults in Taiwan," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 18, no. 14, art. no. 7540, 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph18147540>
- [13] C. A. Amaral, T. L. M. Amaral, G. T. R. Monteiro, M. T. L. Vasconcellos, M. C. Portela, "Hand grip strength: Reference values for adults and elderly people of Rio Branco, Acre, Brazil," *PLoS One*, vol. 14, no. 1, art. no. e0211452, 2019, doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211452>
- [14] R. Gachette, T. Lauwers, "Grip & Pinch Strength in Relation to Anthropometric Data in Adults," *J. Orthop. Res. Physiother.*, vol. 4, art. no. 039, 2018, doi: <http://dx.doi.org/10.24966/ORP-2052/100039>
- [15] K. Walukonis, J. Beasley, R. Boerema, J. Powers, K. Anderson, "The impact of finger position on pinch strength," *Hand Ther.*, vol. 23, no. 2, pp. 70-76, 2018, doi: <https://doi.org/10.1177/1758998317752966>
- [16] D. M. Chilima, S. J. Ismail, "Nutrition and handgrip strength of older adults in rural Malawi," *Public Health Nutr.*, vol. 4, no. 1, pp. 11-17, 2001, doi: <https://doi.org/10.1079/phn200050>
- [17] L. J. Correa Llano, S. Montoya González, J. D. Ramírez Patiño, C. A. Idarraga Martínez, "Caracterización De La Fuerza De Agarre En La Población Entre 18 Y 62 Años De La Ciudad De Medellín (Antioquia). 2009- 2010," Tesis de pregrado, Univ. CES-Univ. Aut. Mzl., Medellín, Colombia, 2010. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10946/2239>
- [18] B. J. Bustos-Viviescas, A. A. Acevedo-Mindiola, R. E. Lozano-Zapata, "Valores de fuerza prensil de mano en sujetos aparentemente sanos de la ciudad de Cúcuta, Colombia," *MedUNAB*, vol. 21, no. 3, pp. 363-377, 2019, doi: <https://doi.org/10.29375/01237047.2791>
- [19] O. L. Hincapié, "Elaboración de estándares de la fuerza de agarre en individuos sanos entre 20 y 70 años residentes en la localidad de Usaquén, Bogotá," *Rev. Colomb. Rehabil.*, vol. 6, no. 1, pp. 5-20, 2007, doi: <https://doi.org/10.30788/RevColReh.v6.n1.2007.97>
- [20] M. V. Monroy Silva, D. A. Jiménez García, C. R. Zea Forero, "Relación de la fuerza máxima de agarre y de pinza con la edad y el género en un grupo de trabajadores del sector industrial," in *Desarrollo e Innovación en Ingeniería*, E. Serna, Ed., 5ta ed., Medellín, Colombia: Editorial Instituto Antioqueño de Investigación, 2020, pp. 412-421. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8708555>
- [21] R. Ramírez-Vélez, O. Morales, J. Peña-Ibagon, A. Palacios-López, et al., "Normative Reference Values for Handgrip Strength in Colombian Schoolchildren: The FUPRECOL Study," *J. Strength Cond. Res.*, vol. 31, no. 1, pp. 217-226, 2017, doi: <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001459>
- [22] C. R. Zea, M. P. Caro, L. A. Quintana, "Análisis de la disminución de fuerza de agarre en la mano por uso de guante en actividades de aseo y cafetería," *Rev. Cienc. Salud*, vol. 14, no. 6, pp. 379-396, 2016, doi: <http://doi.org/10.12804/revsalud14.03.2016.06>
- [23] N. Cubillos Mariangel, "Estudio Piloto de Medidas Antropométricas de la Mano y Fuerzas de Prensión, Aplicables al Diseño de Herramientas Manuales," Tesis de pregrado, Univ. Chile, Santiago, Chile, 2010. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/117152>
- [24] S. Rostamzadeh, M. Saremi, S. Tabatabaei, "Normative hand grip strength and prediction models for Iranian office employees," *Work*, vol. 62, no. 2, pp. 233-241, 2019, doi: <https://doi.org/10.3233/wor-192858>

- [25] K. A. Alahmari, V. N. Kakaraparthi, R. S. Reddy, P. S. Silvian, I. Ahmad, K. Rengaramanujam, "Percentage Difference of Hand Dimensions and their Correlation with Hand Grip and Pinch Strength among Schoolchildren in Saudi Arabia," *Niger. J. Clin. Pract.*, vol. 22, no. 10 pp. 1356-1364, 2019, doi: https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_121_19
- [26] Y. A. A. Mohammad, "Anthropometric characteristics of the hand based on laterality and sex among Jordanian," *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 35, no. 8, pp. 747-754, 2005, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2004.11.005>
- [27] National Aeronautics and Space Administration Anthropometric Source Book, Ohio, Estados Unidos: Yellow Springs, 1978.