

Artículo original

doi: 10.35366/109806

Reproducibilidad de parámetros radiográficos para determinar el éxito quirúrgico de fracturas de radio distal

Reliability of radiographic parameters to determine the surgical success in distal radius fractures

García-González N,* Berúmen-Nafarrate E,* Ávila-Carrasco L,† Martínez-Fierro M,† Monárrez-Espino J*,‡

Hospital Christus Muguerza del Parque, Chihuahua, Chih., México.

RESUMEN. Introducción: las fracturas del radio distal son las más comunes en extremidades superiores. Estandarizar las mediciones radiográficas para su abordaje quirúrgico es importante. Este estudio midió la reproducibilidad intra/interobservador de parámetros radiográficos asociados al éxito quirúrgico en estas fracturas. **Material y métodos:** diseño transversal retrospectivo con datos secundarios de expedientes clínicos. Se evaluaron radiografías de 112 fracturas en planos posteroanterior y lateral por dos traumatólogos estandarizados en toma de mediciones para calcular cinco parámetros indicativos de éxito postquirúrgico: altura radial, inclinación radial, inclinación volar, varianza cubital y escalón articular. La reproducibilidad de distancias y ángulos se evaluó con el método de Bland-Altman calculando: diferencia media entre mediciones, rango a ± 2 DE y proporción de mediciones fuera de ± 2 DE. El éxito postquirúrgico se comparó en pacientes con/sin obesidad según la media de las dos mediciones de cada evaluador. **Resultados:** el evaluador 1 tuvo la mayor diferencia intraobservador en altura radial (0.16 mm) y la mayor proporción fuera de ± 2 DE en varianza cubital (8.1%); el evaluador 2 tuvo la mayor diferencia en inclinación volar (1.92°) y la mayor proporción en inclinación radial (10.7%). La mayor diferencia interobservador fue en varianza cubital (1.02 mm) y la mayor proporción fuera de ± 2 DE en altura radial (5.4%).

ABSTRACT. Introduction: distal radius fractures are the most common in upper extremities. Therefore, it is important to standardize radiographic measures for their surgical approach. This study assessed the intra/interobserver reproducibility of radiographic parameters associated with surgical success of distal radius fractures. **Material and methods:** retrospective cross-sectional design of secondary data extracted from clinical records. Posteroanterior and lateral X-rays of 112 distal radius fractures were assessed by two trauma specialists standardized in the measurements required to compute five parameters indicative of postoperative success: radial height, radial inclination, volar tilt, ulnar variance, and articular stepoff. The reproducibility of distances and angles was evaluated using the Bland-Altman method, calculating the mean of the difference between measurements, the range at ± 2 SD, and the proportion of measurements outside ± 2 SD. Postoperative success was also compared between patients with and without obesity according to the mean of the two measures made by each evaluator. **Results:** evaluator 1 had the largest intra-observer difference in radial height (0.16 mm) and the largest proportion outside ± 2 SD in ulnar variance (8.1%); evaluator 2 had the largest difference in volar tilt (1.92°) and the highest proportion in radial inclination (10.7%). The largest inter-observer

Nivel de evidencia: III

* Departamento de Investigación en Salud, Hospital Christus Muguerza del Parque-Universidad de Monterrey. Chihuahua, Chih., México.

† Unidad de Medicina y Ciencias de la Salud, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, Zac., México.

Correspondencia:

Prof. Joel Monárrez-Espino

Departamento de Investigación en Salud. Hospital Christus Muguerza del Parque, Nicolás Bravo Núm. 1203, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih., México.

E-mail: joel.monarrez@christus.mx

Recibido: 23-03-2022. Aceptado: 01-12-2022.

Citar como: García-González N, Berúmen-Nafarrate E, Ávila-Carrasco L, Martínez-Fierro M, Monárrez-Espino J. Reproducibilidad de parámetros radiográficos para determinar el éxito quirúrgico de fracturas de radio distal. Acta Ortopédica Mexicana 2022; 36(4): 216-222. https://dx.doi.org/10.35366/109806



La inclinación radial tuvo la mayor diferencia (1.41°) con 4.5% de mediciones fuera de ± 2 DE. La varianza cubital y la inclinación volar tuvieron la mayor diferencia de éxito postquirúrgico entre evaluadores, sobre todo en pacientes con obesidad. **Conclusión:** mejorar la calidad radiográfica y estandarizar las mediciones resulta en indicadores más reproducibles.

Palabras clave: Bland-Altman, éxito quirúrgico, fractura, radio distal, reproducibilidad.

difference was for ulnar variance (1.02 mm) and the largest proportion outside ± 2 SD, for radial height (5.4%). Radial tilt had the largest difference (1.41°) with 4.5% of measurements outside ± 2 SD. Ulnar variance and volar tilt had the largest difference in postoperative success between evaluators, especially in patients with obesity. **Conclusion:** improving the radiographic quality and standardizing the measurements results in more reproducible indicators.

Keywords: Bland-Altman, surgical success, fracture, distal radius, reproducibility.

Introducción

Las fracturas del radio distal son las fracturas más comunes de las extremidades superiores; afectan a pacientes jóvenes que experimentan traumatismos de alta velocidad, pero también a adultos mayores sujetos a lesiones de menor energía.^{1,2}

Entre los factores de riesgo se incluyen el sexo femenino, la raza caucásica, la obesidad, el diagnóstico de osteoporosis y las caídas frecuentes.³ Cuando las lesiones se estratifican por índice de masa corporal (IMC), la obesidad se asocia significativamente con un aumento de la gravedad de las fracturas, sobre todo en pacientes de edad avanzada, lo que tiene implicaciones relevantes de salud pública en una población donde aumenta el sobrepeso y la esperanza de vida.^{4,5}

Las indicaciones del tratamiento quirúrgico siguen evolucionando con base en los resultados de los estudios más recientes.⁶ Aunque los avances de la última década han ampliado la gama de opciones de fijación, la superioridad clínica de una modalidad terapéutica sigue sin consenso. En general, se deben considerar varios factores en la toma de decisiones, incluyendo el patrón de la fractura, los requisitos funcionales y la integridad de los tejidos blandos vecinos. Actualmente, el uso de placas de bloqueo palmar ha aumentado de manera considerable en el tratamiento de fracturas intraarticulares e inestables del radio distal.^{7,8}

En pacientes con estas fracturas se evalúan por lo regular los siguientes parámetros radiográficos útiles para desarrollar planes de tratamiento y para determinar el éxito postquirúrgico y el pronóstico funcional de la reducción: varianza cubital, inclinación volar, inclinación radial, altura radial y escalón articular.^{9,10} Por ejemplo, un acortamiento cubital significativo implica un aumento de transmisión de cargas hacia el lado radial; una pérdida de inclinación volar cambia la carga articular aumentando la incidencia de inestabilidad mediocarpiana; una disminución importante de la altura radial se relaciona con dolor y con menor rotación del antebrazo; y una incongruencia articular resultante de un mayor escalón articular se asocia con el desarrollo de artrosis.^{11,12}

A pesar de su importancia, la información existente sobre la reproducibilidad de estos parámetros aún es escasa, lo cual tiene que ver con la consistencia de las mediciones, ya

que una medición sólo es reproducible cuando arroja el mismo resultado en mediciones subsecuentes realizadas bajo las mismas condiciones. Por esto, el objetivo de este estudio fue evaluar la reproducibilidad intraobservador e interobservador de los cinco parámetros citados arriba para determinar el éxito postquirúrgico de la reducción en pacientes con fracturas de radio distal.

Material y métodos

Diseño de estudio

Estudio transversal retrospectivo para evaluar la reproducibilidad intraobservador e interobservador de parámetros radiográficos para determinar el éxito quirúrgico de fracturas de radio distal.

Lugar y población de estudio

El estudio se realizó en el Departamento de Imagenología del Hospital Christus Muguerza del Parque de la ciudad de Chihuahua. Se trata de un hospital privado con 80 camas (15 de terapia intensiva) en el que se internan anualmente cerca de 10,000 pacientes. En esta institución se atienden cerca de 55 fracturas de radio distal cada año, de las cuales a 50 se les coloca una placa.

Fueron elegibles todas las radiografías de pacientes con fracturas de radio distal operados en el hospital durante el período comprendido entre Octubre de 2016 y Marzo de 2021. De las 254 radiografías disponibles, 112 (44%; 68 mujeres, 44 hombres) cumplieron los siguientes cuatro criterios de inclusión: 1) que el paciente fuera mayor de 18 años, 2) que el expediente clínico estuviera completo, 3) que se hubiera realizado una fijación interna con placa de radio distal volar anatómica bloqueada y 4) que existiera una radiografía con técnica quirúrgica correcta en dos planos (posteroanterior -PA- y lateral) tomadas luego de la reducción abierta y fijación interna de la fractura. Fueron excluidas 142 fracturas por las siguientes razones: menores de 18 años ($n = 19$), expediente incompleto ($n = 49$), otro material de fijación agregado a la placa ($n = 13$) y técnica radiográfica inadecuada ($n = 61$).

Estandarización de evaluadores

Se estandarizaron dos evaluadores en la técnica de medición radiográfica para reducir errores. Se empleó el software Carestream® que produce mediciones con precisión de centésimas de mm o grado. El primer paso consistió en la correcta identificación del eje anatómico del radio. Para esto, se trazó una línea longitudinal en el centro del radio (X) equidistante de ambas corticales en los dos planos (PA y lateral).

Luego de trazar el eje anatómico en el plano PA, se trazó una línea perpendicular al eje del radio pasando por la cortical de la punta de la estiloides radial (Y) y otra también perpendicular al eje del radio, pero trazada en la porción más cubital de la superficie articular distal (Z). Posteriormente se trazó una línea desde la cortical de la apófisis estiloides hasta el borde cubital del radio distal (V). La última línea en el plano PA fue una perpendicular al eje de radio a nivel de la superficie articular distal del cubito (W).

Luego de trazar el eje longitudinal del radio (R) en el plano lateral, se trazó una línea perpendicular a nivel del borde distal de la cortical dorsal del radio (S). A continuación se trazó una línea para unir los bordes volar y dorsal del radio en el plano lateral (T).

Mediciones radiográficas

Las mediciones fueron realizadas por dos médicos especialistas en traumatología y ortopedia. La *Figura 1* ilustra las mediciones que se emplean para determinar el éxito postquirúrgico radiográfico en las fracturas de radio distal. Se tomaron cinco medidas: 1) altura radial, distancia entre dos líneas perpendiculares al eje del radio (X); la que pasa por la punta de la apófisis estiloides (Y) y la que pasa por

la superficie distal del radio en su región más cubital (Z); 2) la inclinación radial describe el ángulo (B) en el plano PA; formado entre la línea perpendicular al eje longitudinal del radio trazada en la porción más cubital de la superficie articular distal (Z) y la línea que une la parte distal de la apófisis estiloides y el borde cubital del radio distal (V); 3) varianza cubital, distancia entre la línea perpendicular al eje longitudinal del radio trazado en la porción más cubital de la superficie articular distal del radio (Z) y otra paralela, pero a nivel de la superficie articular distal del cubito (W); 4) escalón articular, distancia entre cada extremo de la cortical articular distal del radio (D), se describe en una fractura con patrón articular; y 5) inclinación volar, ángulo que se forma de una línea perpendicular (S) al eje del radio (R) que hace contacto con el borde distal de la cortical dorsal del radio y la línea que pasa por los bordes volar y dorsal del radio en el plano lateral (T).

Definiciones de éxito radiográfico postquirúrgico y obesidad

Se emplearon cinco indicadores radiográficos para determinar el éxito quirúrgico en pacientes en quienes se realizó una reducción de fractura de radio distal. Los puntos de corte fueron establecidos con base a la correlación observada entre parámetros radiográficos y escalas funcionales,¹⁰ siendo iguales independientemente del sexo, la edad y estado de obesidad del paciente como sigue:

- 1) Altura radial (A): distancia entre líneas Y y Z; éxito 10-13 mm, sin éxito < 10 y > 13 mm.
- 2) Inclinación radial (B): ángulo entre líneas V y Z; éxito 21-25°, sin éxito < 21 y > 25°.

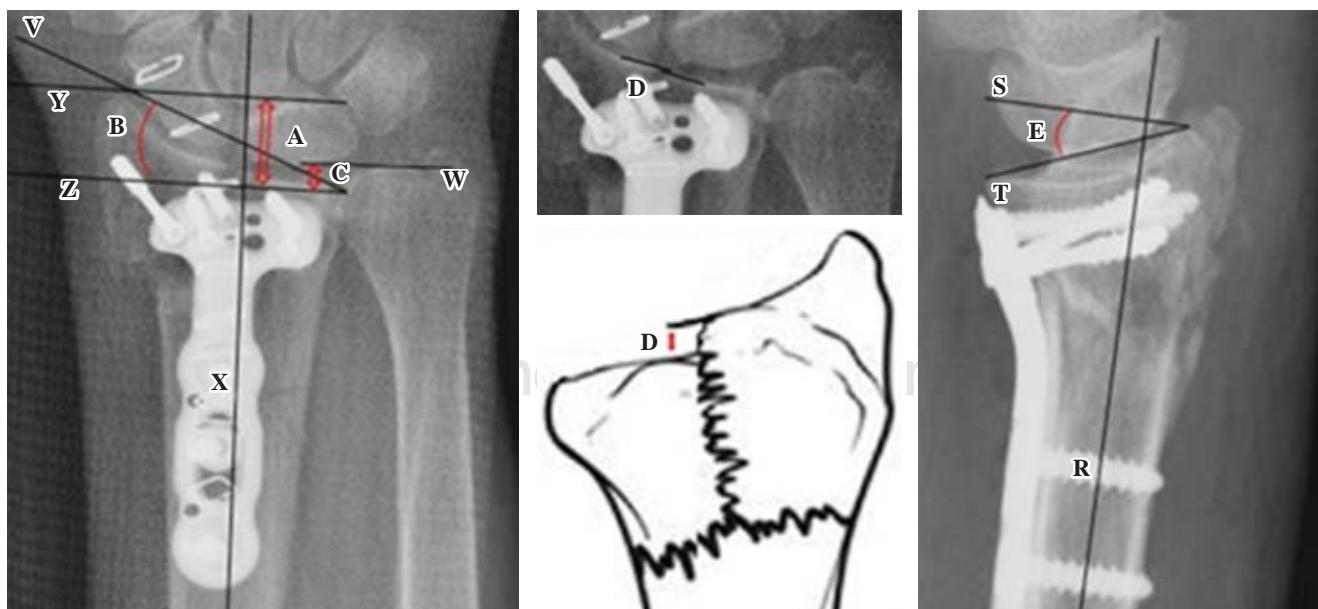


Figura 1: Radiografía anteroposterior y lateral del radio distal. **A)** Altura radial. **B)** Inclinación radial. **C)** Varianza cubital. **D)** Escalón articular. **E)** Inclinación volar.

Tabla 1: Reproducibilidad intraobservador para el promedio de dos mediciones entre el evaluador 1 y 2 con el método de Bland-Altman para mediciones usadas para determinar el éxito postquirúrgico de fracturas de radio distal.

Evaluadores con dos mediciones	Evaluador 1			Evaluador 2		
	Diferencia entre mediciones*	Límites a \pm 2 DE Rango [inferior-superior]	% de medidas por fuera de \pm 2 DE	Diferencia entre mediciones*	Límites a \pm 2 DE Rango [inferior-superior]	% de medidas por fuera de \pm 2 DE
Distancias [mm]						
Altura radial	-0.16 ± 0.81	3.24 [-1.78-1.45]	3.6	0.10 ± 0.88	3.53 [-1.66-1.86]	5.4
Varianza cubital	-0.02 ± 0.12	0.49 [-0.26-0.22]	8.1	0.12 ± 0.84	3.36 [-1.56-1.80]	6.3
Escalón articular	-0.04 ± 0.17	0.69 [-0.38-0.30]	6.3	0.01 ± 0.50	2.03 [-1.00-1.03]	6.3
Ángulos [grados]						
Inclinación radial	-0.16 ± 0.77	3.10 [-1.71-1.39]	3.6	0.17 ± 1.41	5.67 [-2.66-3.01]	10.7
Inclinación volar	0.38 ± 0.67	2.70 [-0.97-1.73]	4.5	1.92 ± 0.34	3.85 [1.23-2.62]	4.5

DE = desviación estándar.

* Los datos indican la media \pm desviación estándar.

- 3) Varianza cubital (C): distancia entre líneas Z y W; éxito 0 \pm 1.5 mm, sin éxito > 1.5 mm.
- 4) Escalón articular (D): ángulo entre líneas S y T; normal < 2 mm, sin éxito ≥ 2 mm.
- 5) Inclinación volar (E): distancia entre cada extremo de la cortical articular distal del radio; normal 7-15°, sin éxito < 7 y > 15 °.

Obesidad se definió como un índice de masa corporal (IMC = peso en kilogramos/talla² en metros) ≥ 30 kg/m² al momento del ingreso hospitalario.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante el método gráfico de Bland y Altman para variables continuas.^{13,14} Se calculó la media de la diferencia y la desviación estándar (DE) en grados o milímetros entre las mediciones, así como el rango de la diferencia a \pm 2 DE de la media y la proporción de observaciones con mediciones fuera de estos límites.

El éxito radiográfico postquirúrgico fue evaluado comparando el porcentaje de éxito obtenido por cada uno de los dos evaluadores (promedio entre las dos mediciones) para los cinco indicadores en el grupo de individuos con y sin obesidad.

Todos los análisis fueron llevados a cabo en el programa SPSS® v.24.

Resultados

La *Tabla 1* muestra la reproducibilidad intraobservador para las dos medidas efectuadas por cada uno de los dos evaluadores independientes. Las mediciones se subdividen en distancias (altura radial, varianza cubital y escalón articular) y ángulos (inclinación radial y escalón articular). Se

observó que la media de la diferencia entre las dos mediciones en las distancias fluctuó entre -0.02 y -0.16 mm en el evaluador 1 y entre 0.01 y 0.12 mm en el evaluador 2. En cuanto a los ángulos, las diferencias fueron de -0.16 en la inclinación radial y de 0.38 ° en la inclinación volar en el evaluador 1 y de 0.17 y 1.92 ° en el evaluador 2, respectivamente. Dentro de las distancias, la altura radial tuvo el mayor rango de variación a \pm 2 DE de la diferencia media, superando 3 mm en ambos evaluadores y con respecto a la varianza cubital, el que tuvo la menor variación con 0.46 mm fue el evaluador 1. El rango entre los límites de \pm 2 DE fue mayor en el evaluador 2, notoriamente en la varianza cubital (3.36 versus 0.49 mm) y el escalón articular (2.03 versus 0.69). Para los ángulos, la inclinación radial tuvo un rango mayor entre los límites de \pm 2 DE en el evaluador 2 que en el evaluador 1 (5.67 versus 3.10°), al igual que en la inclinación volar (3.85 versus 2.70°). Para las distancias, el porcentaje de medidas fuera de los límites de \pm 2 DE alcanzó 8.1% en la varianza cubital en el evaluador 1 y 6.3% en la varianza cubital y el escalón articular en el evaluador 2. En cuanto a los ángulos, el mayor porcentaje fue en la inclinación volar con 4.5% en el evaluador 1 y en la inclinación radial fue de 10.7% en el evaluador 2.

La *Tabla 2* muestra la reproducibilidad interobservador para las medidas realizadas por los evaluadores 1 y 2. Las mediciones se subdividen en distancias y ángulos. Se comparan las diferencias entre la primera medición hecha por los dos evaluadores con el promedio de las dos mediciones. Para las distancias, se observó que la media de la diferencia entre mediciones fluctuó entre -0.23 y 0.96 mm en la primera medición y entre -0.20 y 1.02 mm en los promedios. Para los ángulos, la diferencia media entre mediciones de la inclinación radial fue de 1.4 ° tanto en la primera medición como en el promedio de mediciones; en la inclinación volar la diferencia fue de -1.52 y -1.25 °, respectivamente. Los

rangos de los límites a ± 2 DE fueron similares al comparar la primera medición con los promedios tanto en distancias (altura radial 5.11 versus 4.96, varianza cubital 6.66 versus 6.73, escalón articular 3.55 versus 3.46 mm) como en los ángulos (inclinación radial 9.10 versus 8.86°, inclinación volar 17.5 versus 16.6°). En cuanto a las distancias, el porcentaje de medidas fuera de ± 2 DE fue mayor en el promedio que en la primera medición, siendo mayor en el escalón articular (7.2 versus 6.3%) y menor en la varianza cubital (4.5 versus 2.7%). Con respecto a los ángulos, el porcentaje fue de 4.5% en la inclinación radial y volar en el análisis de promedios y de 2.7 y 5.4% en la primera medición, respectivamente.

La *Figura 2* ejemplifica la reproducibilidad entre el promedio de las dos mediciones hechas por los evaluadores 1 y 2 en el escalón articular y la inclinación radial. Se muestran los promedios de las mediciones hechas por los evaluadores en el eje horizontal y las diferencias de las medidas de los evaluadores en el eje vertical. Las líneas superior e inferior representan los límites a ± 2 DE y la línea central la media de las diferencias. El escalón articular (a) presentó un rango de 3.46 mm a ± 2 DE con un porcentaje de medidas fuera de los límites de 7.2%. En la inclinación radial (b) el rango fue de 8.86° y el porcentaje fuera de límites de 4.5%.

La *Tabla 3* ilustra el éxito postquirúrgico alcanzado en el grupo de pacientes con ($n = 20$) y sin obesidad ($n = 92$) con base en el promedio de las dos mediciones realizadas por los evaluadores 1 y 2 en los cinco indicadores de éxito. Entre los pacientes sin obesidad, con excepción de la varianza cubital, donde hubo una diferencia de 10.2 puntos porcentuales (58 versus 47.8%), los demás indicadores mostraron diferencias que fluctuaron entre cero y 4.2%. Entre los pacientes con obesidad, las diferencias fueron mayores, fluctuando entre 5% (escalón articular) y 25% (inclinación volar).

Discusión

Este estudio tuvo como objetivo principal evaluar la reproducibilidad intraobservador e interobservador de mediciones radiográficas estandarizadas para el cálculo de cinco parámetros radiográficos empleados para valorar el éxito postquirúrgico de la reducción de fracturas de radio distal. Las medidas bajo análisis incluyeron tres distancias (altura radial, varianza cubital, e inclinación volar) y dos ángulos (inclinación radial y escalón articular).

A diferencia del coeficiente kappa de Cohen, empleado para medir la concordancia de variables categóricas donde la interpretación es relativamente directa, en el método de Bland-Altman para variables con distribución continua la relevancia de la variación observada entre mediciones se evalúa clínica y estadísticamente de manera más subjetiva en términos comparativos. En este caso, el traumatólogo debe preguntarse si, por ejemplo, una diferencia de 1 mm en la altura radial es clínicamente importante y si es mucho, estadísticamente hablando, que en 5% de las radiografías analizadas estén por fuera de ± 2 DE del promedio de la diferencia entre mediciones o bien, si una variación de 1° en inclinación volar es relevante y qué tanto importa que 10% de las radiografías estén por fuera de ± 2 DE de la media de la diferencia entre mediciones.^{15,16}

Por otro lado, hay que tener claro que 1 mm de variación es menos importante en un parámetro como la altura radial que puede fluctuar en más de 10 mm, lo que 1 mm representaría 10% del total de la distancia, mientras que en un parámetro como el escalón articular, que difícilmente supera 3 mm, representaría un tercio de la distancia total.

En cuanto a las distancias, la mejor reproducibilidad intraobservador e interobservador se detectó en altura radial, seguida de escalón articular. En altura radial, las cuatro

Tabla 2: Reproducibilidad interobservador entre el evaluador 1 y 2 para la primera medición y para el promedio de dos mediciones con el método de Bland-Altman para mediciones usadas para determinar el éxito postquirúrgico de fracturas de radio distal.

Comparaciones entre evaluadores para mediciones	1 versus 2, medición 1			1 versus 2, promedio		
	Diferencia entre mediciones*	Límites a ± 2 DE Rango [inferior-superior]	% de medidas por fuera de ± 2 DE	Diferencia entre mediciones*	Límites a ± 2 DE Rango [inferior-superior]	% de medidas por fuera de ± 2 DE
Distancias [mm]						
Altura radial	0.57 \pm 1.27	5.11 [-1.97-3.13]	3.6	0.71 \pm 1.24	4.96 [-1.77-3.19]	5.4
Varianza cubital	0.96 \pm 1.66	6.66 [-2.36-4.29]	2.7	1.02 \pm 1.68	6.73 [-2.34-4.38]	4.5
Escalón articular	-0.23 \pm 0.88	3.55 [-2.01-1.53]	6.3	-0.20 \pm 0.86	3.46 [-1.94-1.52]	7.2
Ángulos [grados]						
Inclinación radial	1.40 \pm 2.25	9.10 [-3.10-5.90]	2.7	1.41 \pm 2.21	8.86 [-3.01-5.84]	4.5
Inclinación volar	-1.52 \pm 4.38	17.50 [-10.28-7.24]	5.4	-1.25 \pm 4.16	16.60 [-9.59-7.08]	4.5

DE = desviación estándar.

* Los datos indican la media \pm desviación estándar.

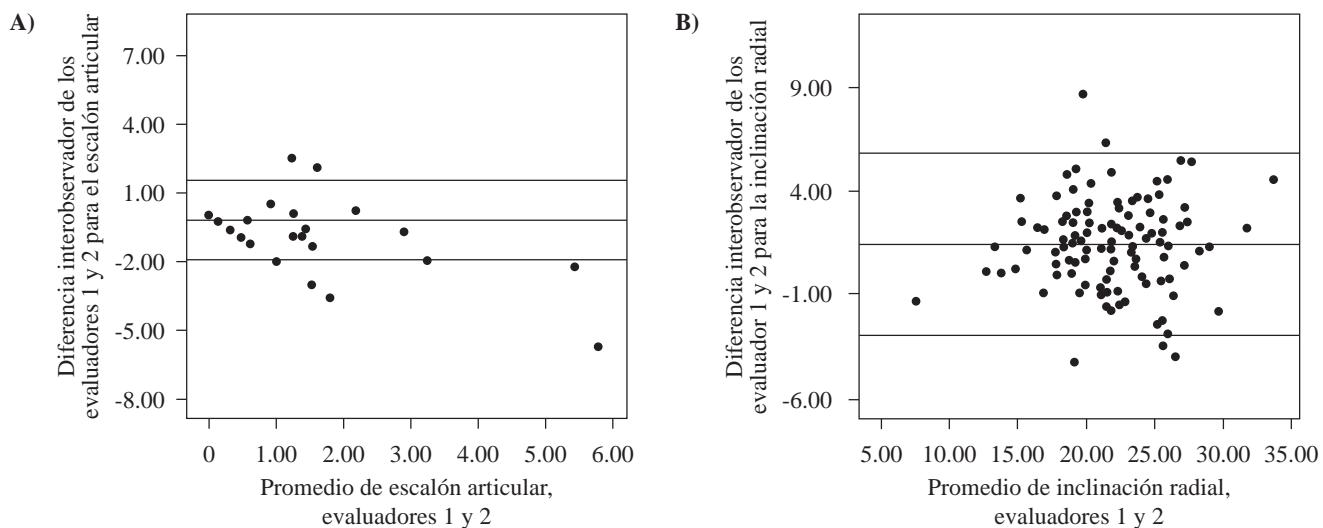


Figura 2: Gráficos de Bland-Altman ilustrando la reproducibilidad interobservador de los promedios de las dos mediciones del evaluador 1 y 2 para el escalón articular **A**) y la inclinación radial **B**); las líneas centrales representan la media de las diferencias entre los evaluadores, y las líneas superiores e inferiores los límites a ± 2 desviaciones estándar de la media.

Tabla 3: Éxito radiográfico postquirúrgico en la reducción de fracturas de radio distal de acuerdo a cinco parámetros en pacientes con y sin obesidad* según el promedio de dos mediciones entre los evaluadores 1 y 2.

Indicadores de éxito	Porcentaje de éxito radiográfico postquirúrgico					
	Pacientes sin obesidad, N = 92			Pacientes con obesidad, N = 20		
	Evaluador 1	Diferencia	Evaluador 2	Evaluador 1	Diferencia	Evaluador 2
Altura radial [‡]	45.7	3.3	42.4	55.0	15.0	70.0
Inclinación radial [§]	37.0	0.0	37.0	35.0	10.0	45.0
Varianza cubital [¶]	58.0	10.2	47.8	65.0	15.0	50.0
Escalón articular	94.6	1.1	93.5	90.0	5.0	85.0
Inclinación volar ^{**}	37.2	5.8	43.0	50.0	25.0	25.0

*Obesidad: índice de masa corporal $\geq 30 \text{ kg/m}^2$. [‡] 10-13 mm. [§] 21-25. [¶] $0 \pm 1.5 \text{ mm}$. ^{||} $< 2 \text{ mm}$. ^{**} 7-15°.

comparaciones (dos intraobservador, dos interobservador) mostraron diferencias de media absolutas que no superaron 1 mm, con rangos a ± 2 DE de 3 y 5 mm en mediciones intraobservador e interobservador, respectivamente y con un número de radiografías fuera de ± 2 DE de la diferencia media entre mediciones $< 5\%$; esta variabilidad es relativamente baja para un parámetro que puede alcanzar una distancia de casi 20 mm. La reproducibilidad del escalón articular fue menos aceptable, sobre todo la interobservador; mientras que la diferencia media intraobservador no superó 0.05 mm con rango de 2 mm, la interobservador rondó 0.20 mm con rango de 3.5 mm; no obstante, las cuatro comparaciones resultaron en 6-7% de radiografías fuera de las ± 2 DE, esto para una distancia que rara vez supera 2 mm. La varianza cubital mostró una reproducibilidad intraobservador aceptable, pero una reproducibilidad interobservador baja con medias de 1 mm y rangos de casi 7 mm para una distancia que no sobrepasa 3 mm. Estos resultados guardan relación con los indicadores de éxito postquirúrgico en pacientes sin

obesidad (n = 92), donde se observó una menor diferencia entre evaluadores en altura radial (3.3%) y escalón articular (1.1%), pero no así en varianza cubital que tuvo una diferencia de 10.2%. El tamaño muestral en pacientes con obesidad fue pequeño, lo que limitó la interpretación de estos datos.

En los ángulos, la reproducibilidad en la inclinación radial fue buena y regular en la volar. Ambas inclinaciones mostraron buena reproducibilidad intraobservador, aunque con diferencias notorias entre evaluadores. En la radial, ambos evaluadores mostraron medias bajas y similares (0.16° y 0.17°), pero el evaluador 2 tuvo una DE mayor (1.41° versus 0.77°), lo que resultó en una mayor proporción de radiografías fuera de ± 2 DE (10.7 versus 3.6%). En la volar, la media fue notablemente mayor en el evaluador 2 (1.92° versus 0.38°); sin embargo, ambos evaluadores tuvieron una baja variabilidad (DE 0.34° y 0.67°) resultando en 4.5% de radiografías fuera de ± 2 DE en ambos evaluadores. La reproducibilidad interobservador fue menor, en particular en la volar. La inclinación radial tuvo una media de 1.4° , un rango de 8.8° y 4.5% de

radiografías fuera de ± 2 DE; en la volar estas medidas fueron de 1.25° , 16.6° y 4.5%, respectivamente. Esta interpretación se hace en el contexto de un rango de variación de $4-6^\circ$ en la inclinación radial y de $7-10^\circ$ en la volar. Lo anterior también se reflejó en las diferencias entre evaluadores para juzgar el éxito posquirúrgico en pacientes no obesos con 0% de diferencia en la inclinación radial y 5.8% en la volar.

Hay algunos estudios previos que midieron la reproducibilidad de algunos de estos parámetros, lo que ayuda a contextualizar los resultados de este trabajo. En un estudio donde las mediciones se estimaron visualmente se analizó la inclinación volar, la inclinación radial y la altura radial con el método de Bland-Altman y el escalón articular mediante el coeficiente kappa de Cohen como variable dicotómica; los resultados mostraron rangos muy amplios en las variables continuas y un coeficiente bajo en la dicotómica ($\kappa = 0.4$), por lo que se concluyó que la estimación visual no era adecuada para medir parámetros radiográficos.⁹ En otro estudio los parámetros se analizaron como variables categóricas mostrando una concordancia relativamente alta en varianza cubital e inclinación volar, pero baja en escalón articular.¹³ En un tercer estudio también se analizaron los parámetros como variables categóricas reportando buenas correlaciones ($\kappa > 0.8$) intraobservador e interobservador en altura radial, inclinación radial e inclinación dorsal/palmar, pero malas ($\kappa < 0.4$) en escalón articular.¹⁴

La principal limitación que afecta la reproducibilidad de las mediciones tiene que ver con la calidad de las proyecciones radiográficas, sobre todo lo relacionado con la penetración de los rayos X, lo que modifica la medición de los bordes entre un área radio lúcida y una radioopaca, indispensable para hacer trazos de distancias y ángulos con precisión. Otra limitación tuvo que ver con el reducido número de radiografías de pacientes con obesidad que impidieron medir con mayor precisión el porcentaje de éxito radiográfico postquirúrgico. Por último, debe quedar claro que este estudio tuvo como objetivo evaluar reproducibilidad y no validez, pues el uso de los puntos de corte empleados para definir el éxito postquirúrgico no tiene un estándar de oro y puede variar según diferentes autores.

Conclusión

La altura radial, la inclinación radial y el escalón articular mostraron una reproducibilidad aceptable (en contraste con la varianza cubital y la inclinación volar) cuando las mediciones radiográficas fueron estandarizadas entre los traumatólogos, por lo que dichos parámetros podrían considerarse para evaluar el éxito postquirúrgico en la reducción de fracturas de radio distal. Es fundamental mejorar la técnica radiográfica para obtener imágenes que permitan diferenciar los bordes de referencia adecuadamente.

Referencias

- Inclan P M, Dy CJ. How to treat distal radius fractures. *Hand Clin.* 2021; 37(2): 205-14. doi: 10.1016/j.hcl.2021.02.003.
- Mauck BM, Swigler CW. Evidence-based review of distal radius fractures. *Orthop Clin North Am.* 2018; 49(2): 211-22. doi: 10.1016/j.ocl.2017.12.001.
- Acosta-Olivio C, Gonzalez-Saldivar JC, Villarreal-Villarreal G, Torres-Botello A, Gomez-Garcia E, Tamez-Mata Y, et al. Correlation between obesity and severity of distal radius fractures. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2017; 103(2): 199-202. doi: 10.1016/j.otsr.2016.12.007.
- Ebinger T, Koehler DM, Dolan LA, McDonald K, Shah AS. Obesity increases complexity of distal radius fracture in fall from standing height. *J Orthop Trauma.* 2016; 30(8): 450-5. doi: 10.1097/bot.0000000000000546.
- Goodloe JB, Traven SA, Herzog LN, Richardson CM, Daley DN, Slone HS. Elevated BMI is associated with intra-articular comminution, prolonged operative time, and postoperative complications in distal radius fractures. *Injury.* 2020; 51(11): 2612-16. doi: 10.1016/j.injury.2020.08.006.
- García-Cepeda I, Aguado-Maestro I, De Blas-Sanz I, Quintanilla-García A, García-Alonso M. Radiological results of surgical management of fracture of the distal radius treated with volar locking plates. *Injury.* 2020; 51: S42-7. doi: 10.1016/j.injury.2020.02.106.
- Neder Filho AT, Mazzer N, Bataglion LR, Pires RE, Macedo AP, Shimano AC. Distal radius fracture fixation using volar plate: a comparative study evaluating the biomechanical behavior of uni and bicortical distal screws. *Injury.* 2021; 52: S38-43. doi: 10.1016/j.injury.2021.02.031.
- Medoff RJ. Essential radiographic evaluation for distal radius fractures. *Hand Clin.* 2005; 21(3): 279-88. doi: 10.1016/j.hcl.2005.02.008.
- O'Malley MP, Rodner C, Ritting A, Cote MP, Leger R, Stock H, Wolf JM. Radiographic interpretation of distal radius fractures: visual estimations versus digital measuring techniques. *Hand (N Y).* 2014; 9(4): 488-93. doi: 10.1007/s11552-014-9666-2.
- Perugia D, Guzzini M, Civitenga C, Guidi M, Dominedò C, Fontana D, et al. Is it really necessary to restore radial anatomic parameters after distal radius fractures? *Injury.* 2014; 45: S21-6. doi: 10.1016/j.injury.2014.10.018.
- Porrino JA, Maloney E, Scherer K, Mulcahy H, Ha AS, Allan C. Fracture of the distal radius: epidemiology and premanagement radiographic characterization. *AJR Am J Roentgenol.* 2014; 203(3): 551-9. doi: 10.2214/ajr.13.12140.
- Lirola-Palmero S, Salvà-Coll G, Terrades-Cladera FJ. Análisis de la varianza cubital como factor de riesgo para el desarrollo de pseudoartrosis de escafoides carpiano. *Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología.* 2015; 59(3): 150-6. doi: 10.1016/j.recot.2014.08.002.
- Kreder HJ, Hanel DP, McKee M, Jupiter J, McGillivray G, Swiontowski MF. X-ray film measurements for healed distal radius fractures. *J Hand Surg Am.* 1996; 21(1): 31-9. doi: 10.1016/s0363-5023(96)80151-1.
- Stirling E, Jeffery J, Johnson N, Dias J. Are radiographic measurements of the displacement of a distal radial fracture reliable and reproducible? *Bone Joint J.* 2016; 98-B(8): 1069-73. doi: 10.1302/0301-620x.98b8.37469.
- Altman DG, Bland JM. Measurement in medicine: the analysis of method comparison studies. *Statistician.* 1983; 32: 307-7. doi: 10.2307/2987937.
- Bland JM, Altman DG. Measuring agreement in method comparison studies. *Stat Methods Med Res.* 1999; 8: 135-60. doi: 10.1191/096228099673819272.