

INVESTIGACIÓN

Artrodesis semiluno-grande-piramido-ganchosa: influencia de la posición del semilunar en el rango de movilidad posoperatorio

Estudio en cadáveres

PABLO DE CARLI, AGUSTÍN G. DONNDORFF, VERÓNICA A. ALFIE, JORGE G. BORETTO,
JUAN M. LÓPEZ OVENZA y GERARDO L. GALLUCCI

Hospital Italiano de Buenos Aires

RESUMEN

Introducción: El objetivo de este estudio cadavérico fue evaluar la influencia de la posición del semilunar sobre la movilidad posoperatoria de la muñeca luego de la artrodesis semiluno-grande-piramido-ganchosa (SGPG) o “artrodesis de las cuatro esquinas”.

Materiales y métodos: Se evaluaron seis miembros superiores cadavéricos y se analizó en cada una de las muñecas el rango de movilidad pasiva en flexión-extensión y desviación radiocubital luego de simular una artrodesis SGPG fijando el semilunar en tres posiciones: neutra (SN), flexión (SF) y extensión (SE). Se realizó un análisis estadístico (ANOVA-Bonferroni) para establecer si existían diferencias significativas en la movilidad articular entre las tres situaciones propuestas.

Resultados: Se observaron diferencias estadísticamente significativas en el grado de extensión máxima de la muñeca: SN = 57,4°, SF = 35,3° y SE = 64,5°, $p = 0,005$; y flexión máxima: SN = 56,7°, SF = 65°, SE = 41,7°, $p = 0,002$. No se detectaron diferencias significativas en el arco total de movilidad en flexión-extensión SN = 114,5°; SF = 100,8°; SE = 106,2°; $p = 0,2$ ni en la movilidad lateral: desviación radial ($p = 0,1$) y cubital ($p = 0,2$).

Conclusiones: La posición del semilunar representa un factor determinante de la movilidad posoperatoria en flexión-extensión de la muñeca luego de la artrodesis SGPG. La posición flexionada aumenta la extensión articular, mientras la posición extendida favorece la flexión, manteniéndose en ambas situaciones el arco total de movilidad de la muñeca artrodesada.

PALABRAS CLAVE: Artrodesis del carpo. Artrodesis de las cuatro esquinas. Artrodesis parcial del carpo.

FOUR-CORNER ARTHRODESIS: INFLUENCE OF THE POSITION OF THE LUNATE OVER POSTOPERATIVE WRIST MOTION. A CADAVER STUDY

ABSTRACT

Background: The objective of this cadaver study was to evaluate the influence of the position of the lunate included in the four-corner arthrodesis, over the postoperative wrist motion.

Methods: 6 upper cadaver limbs were evaluated, comparing in each of the wrists the passive range of motion (ROM) after simulating a 4-corner arthrodesis fixing the lunate in 3 different positions: in neutral position (SN) 0°, flexed (SF) 30°, and extended (SE) 20°. A statistical analysis (ANOVA and Bonferroni tests) was performed to establish whether significant differences exist in the articular motion between the three proposed situations.

Results: Significant statistical differences were observed in full wrist extension: NL=57.4°, FL=35.3°, EL=64.5°, $p=0.005$; and full wrist flexion: NL=56.7°, FL=65°, EL=41.7°, $p=0.002$. However, no significant differences were found in the flexion-extension ROM: NL=114.5°, FL=100.8°, EL=106.2°; $p=0.2$; radial deviation: NL=26.8°, FL=21.2, EL=25.8°, $p=0.1$; and ulnar deviation: NL=29.2°, FL=24.7°, EL=23.9°, $p=0.2$.

Conclusions: According to our results in this cadaver model, the lunate position plays a decisive role in wrist postoperative flexion-extension after the 4-corner arthrodesis. The flexed lunate position increases postoperative wrist extension, restraining at the same time wrist flexion. Inversely, the extended lunate position favors articular flexion and limits extension. The fused wrist range of motion remains very similar in the three lunate positions.

KEY WORDS: Carpal arthrodesis. Four-corner arthrodesis. Limited carpal arthrodesis.

Recibido el 10-5-2006. Aceptado luego de la evaluación el 20-6-2006.

Correspondencia:

Dr. AGUSTIN G. DONNDORFF

Potosí 4215

(C1199ACK) - Buenos Aires

Tel.: 4959-0200 int. 4943

agustin.donndorff@hospitalitaliano.org.ar

La artrodesis semiluno-grande-piramido-ganchosa (SGPG) o artrodesis “de las cuatro esquinas” representa una alternativa para el tratamiento de diversos trastornos de la muñeca: artrosis, inestabilidad mediocarpiana, disociación lunopiramidal, etc.^{4,8,15,22,23,26,27,30-32} Como en toda artrodesis parcial del carpo, el objetivo principal consiste en lograr una muñeca estable y sin dolor, con la menor pérdida posible de movilidad articular. La fusión SGPG anula la movilidad entre las dos filas del carpo y preserva la articulación radiosemilunar. Considerando que muchos de estos pacientes son jóvenes y laboralmente activos, es importante obtener un rango de movilidad posoperatorio de la articulación remanente lo suficientemente funcional para permitir la reintegración del paciente a sus tareas habituales con el menor grado de limitación posible.

Numerosos trabajos clínicos y biomecánicos realizados en cadáveres describen las características de la movilidad de la muñeca luego de la artrodesis de las cuatro esquinas.^{4,8,13,20,22,23,27,31}

Diversos autores sugieren realizar la fusión colocando el semilunar incluido en la artrodesis en posición neutra o en ligera flexión con respecto al hueso grande, con el fin de limitar lo menos posible la extensión de la muñeca.^{4,22,27,31} Sin embargo, de acuerdo con la bibliografía revisada no hemos encontrado datos concluyentes acerca

de la influencia de la posición del semilunar sobre la movilidad final de la muñeca artrodesada.

Con el fin de obtener un rango de movilidad articular más amplio o de mayor utilidad funcional luego de la artrodesis parcial luno-grande-piramido-ganchosa, el objetivo de este trabajo es evaluar, a partir de un modelo cadavérico, de qué manera la posición del semilunar afecta la movilidad de la muñeca fusionada. Hipótesis: la posición flexionada del semilunar con respecto al hueso grande aumenta la extensión de la muñeca fusionada, mientras la posición extendida del semilunar, por el contrario, favorece la flexión de la muñeca.

Materiales y métodos

Se evaluaron ocho miembros superiores cadavéricos frescos de ocho individuos diferentes, congelados para su conservación, todos amputados a nivel del tercio distal del húmero. En todos los cadáveres se realizó una evaluación preliminar física y radiológica para descartar cualquier evidencia de lesión o traumatismo previo en la muñeca. De esta manera, se descartaron dos especímenes: uno por fractura del radio distal y otro por fractura del escafoides. Quedaron así seis piezas anatómicas aptas para el estudio (2 izquierdas y 4 derechas).

En cada muñeca se evaluó el rango de movilidad pasiva en flexión-extensión y la desviación radiocubital luego de simular una artrodesis luno-grande-piramido-ganchosa fijando el semilunar en tres posiciones: neutra (SN), flexión (SF) y extensión (SE).

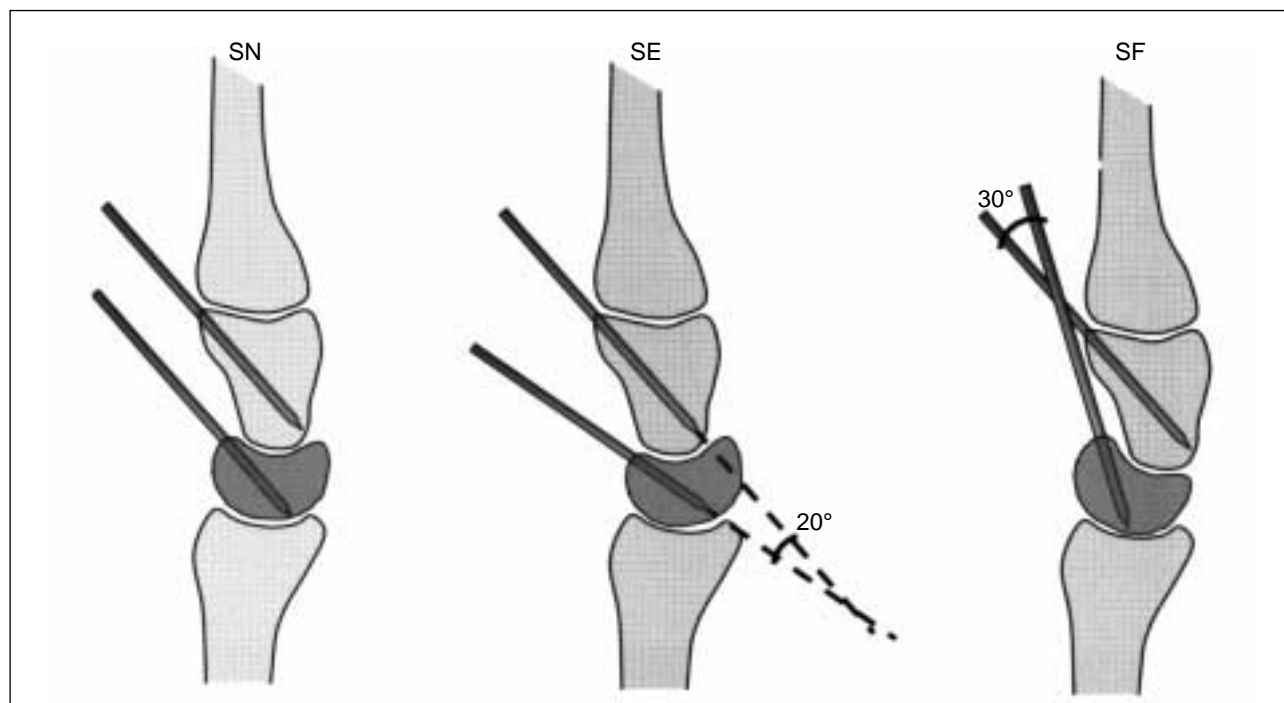


Figura 1. Colocación de las clavijas en los huesos semilunar y grande paralelas entre sí para permitir la medición con un goniómetro del ángulo conformado entre ellas, fijando secuencialmente el semilunar en posición neutra (SN), extendida 20° (SE) y flexionada 30° (SF). Para evitar la interferencia de las clavijas durante la extensión de la muñeca, se las colocó inclinadas de dorsal a palmar y de distal a proximal.

Con el fin de fijar el antebrazo en posición neutra, se colocó inicialmente un clavo de Steinman a través del radio y el cúbito a nivel mediodiafisario. Luego se simuló la artrodesis SGPG mediante la fijación externa entre los cuatro huesos involucrados, variando secuencialmente la posición del semilunar con respecto al hueso grande en: neutro (0°), extensión (20°) y flexión (30°), en ese orden (Fig. 1). Con la muñeca en posición neutra y bajo control radioscópico, se colocó en primer lugar un clavo de Steinman de 2 mm dorsalmente en los huesos semilunar y grande, paralelos entre sí, para determinar en forma estandarizada la posición del semilunar en las tres situaciones en todos los cadáveres, midiendo el ángulo conformado por ambas clavijas. Una vez establecida la posición del semilunar en neutro se fijaron las clavijas con la ayuda de clamps y barras de conexión de un fijador externo universal AO (Fig. 2). La artrodesis se completó con la colocación de dos clavos de Steinman a través de las articulaciones ganchosgrande y lunopiramidal. Una vez evaluada la movilidad de la muñeca con el semilunar en posición neutra, se modificó la posición del semilunar en las otras dos situaciones previamente establecidas (extendido y flexionado; en ese orden, en todos los especímenes). Antes de realizar cada una de las evaluaciones se verificó, bajo control radioscópico, la ausencia de movimiento en las articulaciones "fusionadas" y se controló que las clavijas no interfirieran en la movilidad de la muñeca (Fig. 3).

Las mediciones para determinar el rango de movilidad en cada una de las posiciones del semilunar se calcularon mediante radiografías obtenidas en máxima flexión-extensión y desviación radiocubital, con la medición goniométrica de los arcos de movilidad a partir del ángulo conformado por el eje longitudinal del radio y el tercer metacarpiano. Todas las artrodesis, manipulaciones y mediciones radiográficas fueron realizadas por uno solo de los autores (AD).

Se efectuó un análisis estadístico de los resultados obtenidos para intentar establecer si existieron diferencias significativas en la movilidad de la muñeca entre las tres posiciones de artrodesis propuestas (SN, SF y SE). Se evaluó la normalidad de la distribución de las variables analizadas mediante la prueba de Shapiro-Wilks. Todas las variables resultaron normalmente distribuidas, por lo que se utilizó para su análisis posterior la prueba ANOVA de medidas repetidas seguida de la prueba de Bonferroni.

Resultados

En la tabla 1 se describen los resultados individuales de cada uno de los miembros cadavéricos evaluados. En los seis casos se observó el mismo patrón de movilidad de la muñeca en sentido anteroposterior: la posición flexionada del semilunar (SF) aumenta la extensión de la muñeca al mismo tiempo que la flexión disminuye. Inversamente, al fijar el semilunar en posición extendida (SE), la extensión de la muñeca se limita al máximo mientras la flexión aumenta.

De acuerdo con los resultados obtenidos se observaron diferencias estadísticamente significativas en el grado de extensión y flexión de la muñeca entre las tres posiciones del semilunar analizadas (Tabla 2). La flexión máxima de la muñeca fue significativamente diferente entre las tres variables: SN ($57,4^\circ$), SF ($35,3^\circ$) y SE ($64,5^\circ$), $p = 0,005$. De la misma forma, la extensión máxima articular en SE ($41,7^\circ$) fue mucho menor que en SN ($56,7^\circ$) y SF (65°), $p = 0,002$ (fig. 4). Si bien la posición flexionada del semilunar tendió a una mayor extensión articular con res-



Figura 2. A. Fijación del antebrazo en posición neutra con una clavija transversal radiocubital. B y C. Imágenes del modelo cadavérico de artrodesis percutánea luno-grande-pirámido-ganchosa. D y E. Control radiográfico de frente y perfil de la posición de las clavijas.

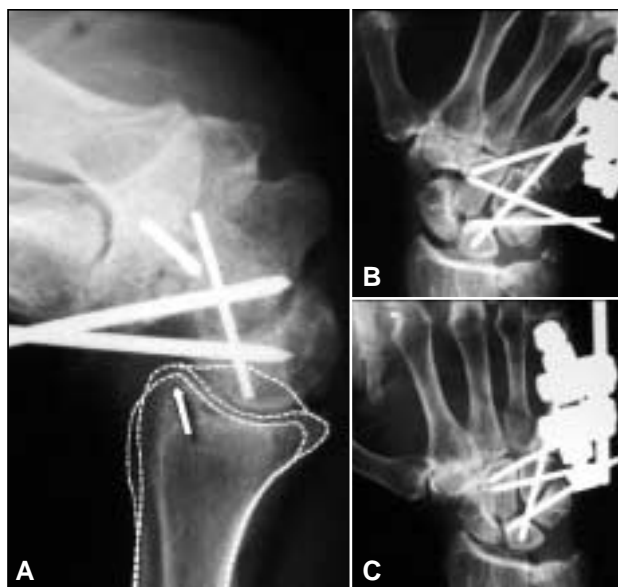


Figura 3. A. Verificación de la ausencia de interferencia de las clavijas en la movilidad de la muñeca durante la extensión, evitando su choque con el reborde dorsal de la fosa del semilunar del radio. B y C. Ausencia de movilidad en las articulaciones artrodesadas durante la movilización lateral de la muñeca.

pecto a la posición neutra (SN), no se observaron diferencias significativas: SN (56,7°) y SF (45°), $p > 0,05$. Por otro lado, en relación con el arco total de movilidad remanente en flexión-extensión de la muñeca, no se observaron diferencias significativas entre las tres posiciones (SN = 114,5°; SF = 100,8°; SE = 106,2°; $p = 0,2$).

Con respecto a la movilidad lateral de la muñeca (desviación radiocubital), a diferencia de la movilidad en flexión-extensión, no se observó un patrón homogéneo de movilidad entre los especímenes. Como la diferencia entre estas dos variables no significativamente diferentes es pequeña (desviación cubital: $p = 0,2$; desviación radial: $p = 0,1$), probablemente no tendría sentido continuar con el estudio en cadáveres adicionales.

Discusión

La artrodesis total de muñeca representa una alternativa segura y eficaz para el tratamiento de muñecas con dolor crónico por la presencia de una degeneración articular extensa o inestabilidad carpiana con deformidad irreducible.^{10,24,28,29} Si bien sus resultados son satisfactorios en relación con el alivio del dolor y la recuperación de la fuerza del puño, este procedimiento implica una pérdida completa de la movilidad de la muñeca. Teniendo en cuenta que un gran porcentaje de pacientes son jóvenes y laboralmente activos, resulta importante también preservar la mayor movilidad posible para permitir el retorno a las actividades habituales. En estos casos, la resección de la primera fila del carpo constituye una opción sencilla y con buenos resultados funcionales.^{1,4,9,11,12,17,21,22,31,32} Sin embargo, sólo puede realizarse en ausencia de degeneración articular lunogrande. Además, este procedimiento es criticado por diversos autores por el acortamiento relativo del carpo con la consiguiente disminución de la fuerza y la relativa incongruencia entre la fosa semilunar del radio y el polo proximal del hueso grande.^{1,2,5,21}

Desde la segunda mitad del siglo pasado han surgido numerosas técnicas de artrodesis parcial de los huesos del carpo con el fin de preservar una movilidad limitada pero funcional de la muñeca. En 1984, Watson y Ballet describieron buenos resultados clínicos y funcionales a través de una nueva técnica de artrodesis parcial para el tratamiento de la degeneración articular por colapso carpiano (*Scaphoid Lunate Advanced Collapse*, SLAC), que consistía en la fusión de los huesos semilunar, grande, piramidal y ganchoso, conocida luego como “artrodesis de las cuatro esquinas”.²⁶

Este tipo de fusión parcial, al anular la articulación mediocarpiana, causa una pérdida parcial de la movilidad de la muñeca y afecta fundamentalmente la extensión por sobre la flexión.^{1,22,27} Según Palmer y cols., la extensión de la muñeca es funcionalmente más importante que la fle-

Tabla 1. Resultados obtenidos de la movilidad de cada una de las muñecas cadavéricas evaluadas en las tres posiciones del semilunar incluido en la artrodesis SGPG

Muñeca	Fl	Ext.	DC	DR	RM f-e	Fl	Ext.	DC	DR	RM f-e	Fl	Ext.	DC	DR	RM f-e
I	49°	67°	44°	23°	116°	27°	75°	42°	23°	102°	62°	58°	44°	20°	120°
II	69°	58°	35°	18°	127°	34°	64°	31°	11°	98°	71°	34°	33°	17°	105°
III	57°	55°	20°	44°	112°	29°	55°	9°	31°	84°	63°	32°	7°	39°	95°
IV	76°	61°	43°	10°	137°	44°	78°	48°	10°	122°	82°	49°	44°	10°	131°
V	57°	56°	26°	37°	113°	38°	71°	14°	30°	109°	61°	46°	15°	39°	107°
VI	39°	43°	7°	29°	82°	40°	50°	4°	22°	90°	48°	31°	0°	30°	79°
Prom.	57,83°	56,7°	29,17°	26,83°	114,5°	35,33°	65,5°	24,67°	21,17°	100,83°	64,50°	41,67°	23,83°	25,83°	106,17°

Fl: flexión; Ext.: extensión; DC: desviación cubital; DR: desviación radial; RM f-e: rango de movilidad en flexión-extensión.

ción.¹⁸ Del mismo modo, Brumfield y Champoux definieron que, para las actividades de la vida diaria, el rango de movilidad “útil” de la muñeca se encuentra entre los 10° de flexión y los 35° de extensión.³ En la búsqueda por alcanzar un mejor resultado funcional, en especial una mayor extensión articular, resulta entonces interesante conocer la influencia de la posición del semilunar en relación con el hueso grande sobre la movilidad posoperatoria.

La descripción original de la técnica realizada por Watson y Ballet no especifica la posición ideal de fijación del semilunar con respecto al hueso grande.²⁶ En la mayoría de las series publicadas posteriormente se destaca la importancia de reducir cualquier deformidad en DISI (*Dorsal Intercalated Segment Instability*) del semilunar en muñecas SLAC-SNAC para restituir el eje anatómico del carpo,^{8,14,19,23} sin analizar su influencia sobre el rango de movilidad final de la muñeca. Una de las primeras observaciones encontradas entre la posición del semilunar y el grado de movilidad posoperatoria es la informada por Tomaino en 1994.²² En este trabajo, 6 de los 9 pacientes en los cuales se constató radiológicamente el semilunar extendido (DISI) presentaron menos de 30° de extensión de la muñeca, lo que sugiere que esta deformidad debería corregirse para lograr una mayor extensión. Por el contrario, Wyrick y cols. concluyen, luego del análisis radiográfico de 17 pacientes sometidos a una fusión de cuatro esquinas, que la posición del semilunar, con 8° de extensión promedio (rango 20° flexión-30° extensión), no influyó en el resultado funcional posoperatorio.³¹ A pesar de ello, más tarde Watson informa su experiencia con 252 pacientes, en la cual en el 13% de los casos se requirió una artroplastia de revisión por limitación de la extensión de la muñeca, secundaria al choque dorsal prematuro entre el hueso grande y el radio como consecuencia de una reducción insu-

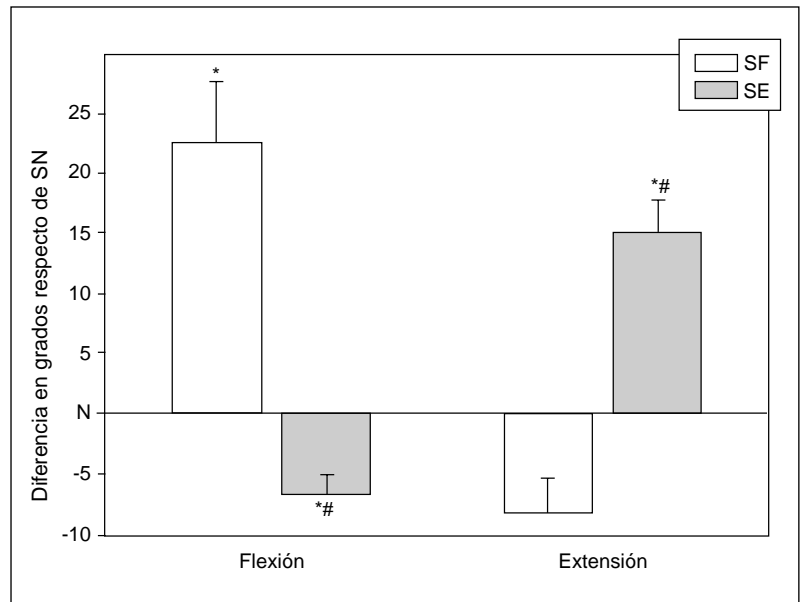


Figura 4. Grado de flexión y extensión de las muñecas en SF y SE respecto de SN. * $p < 0,05$ frente a SN, # $p < 0,05$ frente a SF (ANOVA seguido de la prueba de Bonferroni).

ficiente de la deformidad en DISI del semilunar.²⁷ Hace poco, Cohen y cols. observaron en una serie de 19 fusiones SGPG en que se sobrecorrigió el semilunar en posición flexionada, mayor grado de extensión de la muñeca artrodesada en relación con otras series informadas antes, sin encontrar diferencias en el grado de máxima flexión articular.⁴ Los autores proponen que la posición flexionada del semilunar evita el choque radiocarpiano dorsal y relaja los ligamentos radiolunares palmares (Fig. 5 A-D), lo que permite una mayor extensión de la muñeca artrodesada y, por lo tanto, un mayor rango de movilidad articular (Fig. 6A).

En nuestro trabajo se observó que la extensión de la muñeca es máxima al fijar el semilunar flexionado. Sin embargo, contrariamente a lo observado por Cohen (y apoyando nuestra hipótesis), de acuerdo con nuestros resultados esta ganancia en la extensión articular se produce a

Tabla 2. Análisis estadístico de las variables evaluadas

	SN	SF	SE	p
Flexión	57,8 ± 5,4	35,3 ± 2,7*	64,5 ± 4,6*#	0,005
Extensión	56,7 ± 3,2	65,0 ± 4,8	41,7 ± 4,5*#	0,002
D. cubital	29,2 ± 5,9	24,7 ± 7,5	23,9 ± 7,8	0,2
D. radial	26,8 ± 5,1	21,2 ± 3,7	25,8 ± 4,9	0,1
Rango de movilidad	114,5 ± 5,4	110,8 ± 5,5	106,2 ± 7	0,2

* $p < 0,05$ frente a SN, # $p < 0,05$ frente a SF (ANOVA seguido de la prueba de Bonferroni)
 SN: semilunar en posición neutra; SF: semilunar flexionado; SE: semilunar extendido.

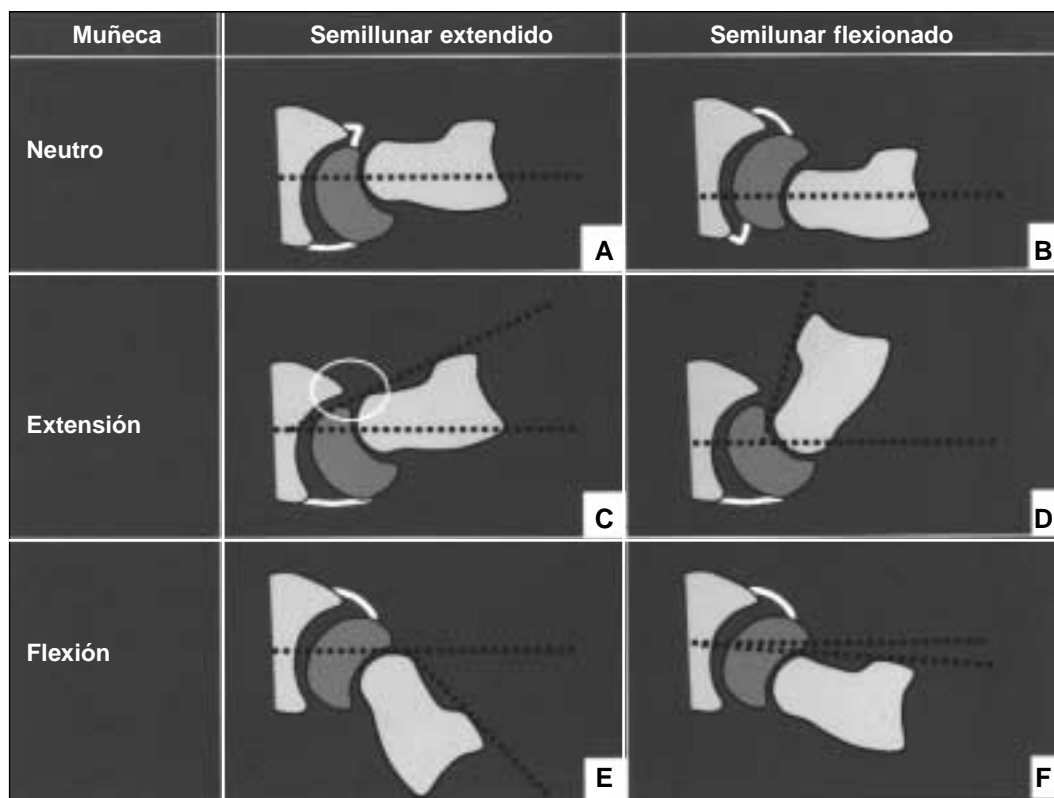


Figura 5. En posición extendida del semilunar, los ligamentos radiolunares palmares se tensan (**A**) y se favorece el choque dorsal del hueso grande con el radio (*círculo*), lo que limita la extensión de la muñeca artrodesada (**C**). Al mismo tiempo, la relajación de los ligamentos dorsales permite una mayor flexión articular (**E**). En forma inversa, en posición flexionada del semilunar los ligamentos radiolunares palmares se relajan mientras los ligamentos dorsales se tensan (**B**). Esto deriva en una mayor extensión articular pero a expensas de una pérdida en la flexión (**D y F**).

expensas de una pérdida similar en la flexión, probablemente como consecuencia de la tensión excesiva de los ligamentos dorsales por la posición flexionada del semilunar (Fig. 5F). De la misma manera, colocando el semilunar extendido la extensión de la muñeca se limita, pero con un aumento simultáneo en la flexión (Fig. 5E), en este caso por una probable relajación de los ligamentos radiolunares dorsales. El rango de movilidad final no se modifica en las diferentes situaciones del semilunar (Fig. 6B). No hemos encontrado diferencias significativas entre las tres posiciones analizadas en la movilidad en desviación radiocubital, lo que sugiere que la relación posicional entre el semilunar y el hueso grande incluidos en la artrodesis no influye en la movilidad lateral de la muñeca.

Con relación al modelo de "artrodesis" utilizado en nuestro trabajo, se deben considerar algunas limitaciones. Dado que no se trata en realidad de una verdadera fusión, es fundamental verificar la rigidez de la fijación constatando en forma radioscópica la ausencia de movimiento en las articulaciones involucradas durante toda la evaluación. A favor, el método utilizado, descrito ya en la literatura especializada para simular artrodesis parciales,^{7,16,20,25} permite modificar en un mismo espécimen la posición del semilunar con el fin de evaluar las tres situaciones en cada una de

las piezas cadavéricas. Evita además la necesidad de realizar un abordaje a través de las partes blandas, con la consiguiente lesión de los elementos estabilizadores de la muñeca (cápsula y ligamentos) que pudieran afectar la movilidad posoperatoria. Sin embargo, a pesar de que se controló detenidamente que las clavijas no interfirieran en la movilidad, es posible que al atravesar las diversas estructuras (piel, cápsula, etc.) limiten de alguna manera la excursión de la muñeca. Por otro lado, el de Wyrick y cols.³¹ representa el único trabajo clínico encontrado en la bibliografía que mide la posición del semilunar para evaluar su influencia en los resultados funcionales, encontrándose entre un rango de 20° flexionado y de 30° extendido. Basados en estos resultados clínicos, en nuestro trabajo cadavérico se consideraron en forma arbitraria ambos valores junto con la posición neutra (0°) para la evaluación. Asimismo, si bien la técnica clásica incluye la resección del escafoide, en este trabajo el escafoide se retuvo sin incluirlo en la artrodesis, como sucede en diversos casos en los cuales la artrodesis SGPG está indicada sin la necesidad absoluta de resecarlo (p. ej., inestabilidad mediocarpiana, disociación lunopiramidal, fractura del hueso grande).^{8,15,23,27,30} Según un estudio cadavérico realizado por Kobza y cols., no se observan diferencias significativas en

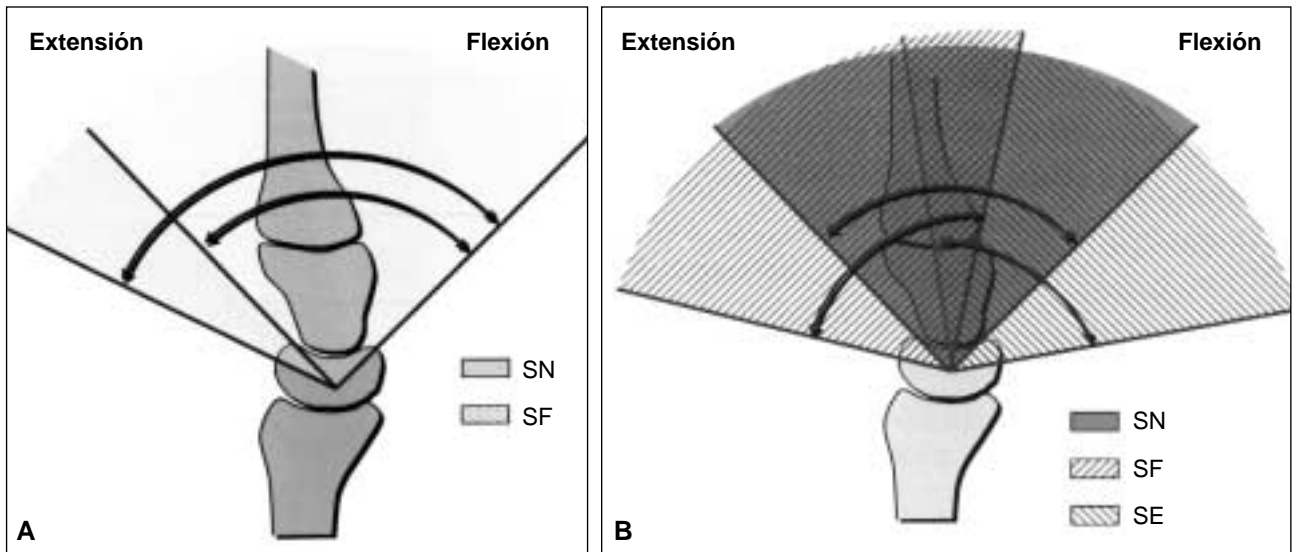


Figura 6. A. De acuerdo con Cohen y cols., la sobrecorrección del semilunar en posición flexionada favorece la extensión de la muñeca artrodesada y aumenta así el rango de movilidad articular. **B.** Nuestros resultados sugieren que la posición flexionada del semilunar favorece la extensión al mismo tiempo que limita la flexión de la muñeca; ocurre lo inverso con la posición extendida. El rango de movilidad articular no se modifica en ninguna de las situaciones (en relación con la posición en neutro del semilunar).

la movilidad de la muñeca incluyendo o simplemente reteniendo el escafoides.¹³ Es probable que esto se deba a que, como describen Watson y Douglas,⁶ la incorporación del semilunar en cualquier artrodesis parcial permite desde el inicio un aumento progresivo de la movilidad entre el escafoides y el semilunar artrodesado. Por último, como se trata de un estudio cadavérico, los resultados relativos obtenidos presentan mayor relevancia que los valores absolutos y permiten una comparación adecuada entre las tres circunstancias analizadas.

Según los resultados obtenidos en nuestro trabajo, la posición del semilunar en relación con el hueso grande

representa un factor determinante de la movilidad posoperatoria en flexión y extensión de la muñeca luego de la artrodesis SGPG. En resumen, la posición flexionada del semilunar favorece la movilidad en extensión articular, mientras que la posición extendida aumenta la movilidad en flexión, manteniéndose en ambos casos el arco de movilidad final de la muñeca artrodesada. Así, a la hora de realizar la artrodesis de las cuatro esquinas es importante considerar las necesidades funcionales propias de cada paciente para determinar la posición que mejor se adapte individualmente, sin sacrificar en ninguna situación el rango de movilidad final de la muñeca fusionada.

Referencias bibliográficas

1. Ashmead D, Watson HK, Damon C, et al. Scapholunate advanced collapse wrist salvage. *J Hand Surg Am*;19:741-750;1994.
2. Begley BW, Engber WD. Proximal row carpectomy in advanced Kienböck's disease. *J Hand Surg Am*;19:1016-1018;1994.
3. Brumfield RH, Champoux JA. A biomechanical study of normal functional wrist motion. *Clin Orthop*;(187):23-25;1984.
4. Cohen MS, Kozin SH. Degenerative arthritis of the wrist: proximal row carpectomy versus scaphoid excision and four-corner arthrodesis. *J Hand Surg Am*;26:94-104;2004.
5. Culp RW, McGuigan FX, Turner MA, et al. Proximal row carpectomy: a multicenter study. *J Hand Surg Am*;18:19-25;1993.
6. Douglas DP, Peimer CA, Koniuch MP. Motion of the wrist after simulated limited intercarpal arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am*;69:1413-1418;1987.
7. Gellman H, Kauffman D, Lenihan M, et al. An in vitro análisis of wrist motion: the effect of limited intercarpal arthrodesis and the contributions of the radiocarpal and midcarpal joints. *J Hand Surg Am*;13:390-395;1988.
8. Goldfarb CA, Stern PJ, Kiefhaber TR. Palmar midcarpal instability: the results of treatment with 4-corner arthrodesis. *J Hand Surg Am*;29:258-263;2004.
9. Green DP. Proximal row carpectomy. *Hand Clin*;3:163-168;1987.

10. **Hastings H, Weiss AC, Quenzer D, et al.** Arthrodesis of the wrist for posttraumatic disorders. *J Bone Joint Surg Am*;78:897-902;1996.
11. **Inglis AE, Jones EC.** Proximal row carpectomy for diseases of the proximal row. *J Bone Joint Surg Am*;59:460-463;1977.
12. **Jorgenson EC.** Proximal-row carpectomy: an end-results study of twenty-two cases. *J Bone Joint Surg Am*;51:1104-1111;1969.
13. **Kobza PE, Budoff JE, Yeh ML, et al.** Management of the scaphoid during four-corner fusion. A cadaveric study. *J Hand Surg Am*;28:904-909;2003.
14. **Krakauer JD, Bishop AT, Cooney WP.** Surgical treatment of scapholunate advanced collapse. *J Hand Surg Am*;19:751-759;1994.
15. **Lichtman DM, Bruckner JD, Culp RW, et al.** Palmar midcarpal instability: results of surgical reconstruction. *J Hand Surg*;18:307-315;1993.
16. **Meyerdierks EM, Mosher JF, Werner FW.** Limited wrist arthrodesis: a laboratory study. *J Hand Surg Am*;12:526-529;1987.
17. **Nevaiser RJ.** Proximal row carpectomy for posttraumatic disorders of the carpus. *J Hand Surg Am*;8:301-305;1983.
18. **Palmer AK, Werner FW, Murphy D, et al.** Functional wrist motion: a biomechanical study. *J Hand Surg Am*;10:39-46;1985.
19. **Sauerbier M.** Midcarpal arthrodesis with complete scaphoid excision and interposition bone graft in the treatment of advanced carpal collapse (SNAC/SLAC wrist): operative technique and outcome assessment. *J Hand Surg Br*;25:341-345;2000.
20. **Seradge H, Owens W, Seradge E.** The effect of intercarpal joint motion on wrist motion: are there key joints? An in vitro study. *Orthopaedics*;18(8):727-732;1995.
21. **Tomaino MM, Delsignore J, Burton RJ.** Long-term results following proximal row carpectomy. *J Hand Surg Am*;19:694-703;1994.
22. **Tomaino MM, Millar RJ, Cole I, et al.** Scapholunate advanced collapse wrist: proximal row carpectomy or limited wrist arthrodesis with scaphoid excision? *J Hand Surg Am*;19:134-142;1994.
23. **Trumble T, Bour CJ, Smith RJ, et al.** Intercarpal arthrodesis for static and dynamic volar intercalated segment instability. *J Hand Surg Am*;13:396-402;1988.
24. **Viegas SF, Rimoldi R, Patterson R.** Modified technique of intramedullary fixation for wrist arthrodesis. *J Hand Surg Am*;14:618-623;1989.
25. **Watson HK, Goodman ML, Johnson TR.** Limited wrist arthrodesis. Part II: intercarpal and radiocarpal combinations. *J Hand Surg Am*;6(3):223-233;1981.
26. **Watson HK, Ballet FL.** The SLAC wrist: scapholunate advanced collapse pattern of degenerative arthritis. *J Hand Surg Am*;9:358-65;1984.
27. **Watson HK, Weinzwieg J, Guidera PM, et al.** One thousand intercarpal arthrodeses. *J Hand Surg Br*;24:307-315;1999.
28. **Weiss APC, Wiedeman JJr, Quenzer D, et al.** Upper extremity after wrist arthrodesis. *J Hand Surg Am*;20:813-817;1995.
29. **Wright CS, McMurtry RY.** AO arthrodesis in the hand. *J Hand Surg Am*;8:932-935;1983.
30. **Wright TW, Dobyns JH, Linschied RL, et al.** Carpal instability non-dissociative. *J Hand Surg Br*;19:763-773;1994.
31. **Wyrick JD, Stern PJ, Kiefhaber TR.** Motion-preserving procedures in the treatment of scapholunate advanced collapse wrist: proximal row carpectomy versus four-corner arthrodesis. *J Hand Surg Am*;20:965-970;1995.
32. **Wyrick JD.** Proximal row carpectomy and intercarpal arthrodesis for the management of wrist arthritis. *J Am Acad Orthop Surg*;11:277-281;2003.