



Deformidad de Madelung: opciones de diagnóstico y tratamiento

Madelung Deformity: Diagnosis and Treatment Options

Ricardo Kaempf de Oliveira¹ Samuel Ribak² João Pedro Farina Brunelli¹ Márcio Aita³
Pedro J. Delgado⁴

¹ Departamento de Cirugía de la Mano, Santa Casa de Misericórdia, Porto Alegre, Brasil

² Departamento de Cirugía de la Mano, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, Brasil

³ Departamento de Cirugía de la Mano, Faculdade de Medicina do ABC, Santo André, Brasil

⁴ Departamento de Cirugía de la Mano y de los Miembros Superiores, Hospital Universitario HM Montepríncipe, Universidad CEU San Pablo, Boadilla del Monte, Madrid, España

Dirección para correspondencia Ricardo Kaempf de Oliveira, MD, Rua Leopoldo Bier 825/301, Porto Alegre, 90620-100, Rio Grande do Sul, Brazil (e-mail: ricardokaempf@gmail.com).

Rev Iberam Cir Mano 2021;49(2):e140–e154.

Resumen

La deformidad de Madelung (DM) comprende un aumento de la inclinación volar y cubital de la faceta articular del radio distal, secundaria a una displasia fisaria idiopática. Tal cambio causa un acortamiento radial y la consecuente prominencia cubital distal, junto con dolor en la muñeca y pérdida de movimiento. La cirugía se convierte en una opción en pacientes con deformidad severa que no responden al tratamiento conservador.

Las técnicas quirúrgicas clásicas son problemáticas para los adultos, pues son específicas para niños y adolescentes, cuya fisis radial aún está abierta. Muy pocos artículos discuten el tratamiento de pacientes adultos; además, la mayoría se centra en la articulación radiocubital distal y, por tanto, no se acercan al origen de la patología. Al analizar la tomografía computarizada con reconstrucción tridimensional, se observa una característica de la DM, la detención del crecimiento de las porciones volar y cubital del radio distal, lo que provoca la deformidad típica del radio distal que conduce a la falta de cobertura del hueso semilunar. Eso conduce a una subluxación palmar del hueso semilunar y la consiguiente inestabilidad radiocarpiana.

Decribimos en este artículo las posibilidades de tratamiento en distintas etapas de evolución, y resumimos las opiniones de los autores sobre la DM.

Palabras Clave

- ▶ deformidad de Madelung
- ▶ displasia longitudinal
- ▶ subluxación de muñeca
- ▶ malformaciones congénitas de la mano
- ▶ perspectiva histórica

recibido
20 de julio de 2021
aceptado tras revisión
01 de octubre de 2021

DOI <https://doi.org/10.1055/s-0041-1739452>.
ISSN 1698-8396.

© 2021. SECMA Foundation. All rights reserved.

This is an open access article published by Thieme under the terms of the Creative Commons Attribution-NonDerivative-NonCommercial-License, permitting copying and reproduction so long as the original work is given appropriate credit. Contents may not be used for commercial purposes, or adapted, remixed, transformed or built upon. (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Thieme Revinter Publicações Ltda., Rua do Matoso 170, Rio de Janeiro, RJ, CEP 20270-135, Brazil

Abstract

Madelung deformity (MD) comprises an increased volar and ulnar tilt of the joint facet of the distal radius, secondary to an idiopathic physeal dysplasia. Such change causes radial shortening and consequent distal ulnar prominence, along with wrist pain and loss of motion. Surgery becomes an option in patients with severe deformity that do not respond to conservative treatment.

The classic surgical techniques are problematic for adults, as they are specific for children and adolescents, whose radial physis is still open. Very few papers discuss the treatment of adult patients; furthermore, most are focused on the distal radioulnar joint, and thus do not approach the origin of the pathology.

When analyzing computed tomography scans with tridimensional reconstruction, a feature of MD, growth arrest of the volar and ulnar portions of the distal radius, is noted, causing the typical distal radius deformity that leads to lack of coverage of the lunate bone. That leads to palmar subluxation of the lunate bone and consequent radiocarpal instability.

We herein describe the possibilities of treatment in different stages of evolution, summarizing the authors' view on MD.

Keywords

- ▶ Madelung deformity
- ▶ longitudinal dysplasia
- ▶ wrist subluxation
- ▶ congenital hand anomalies
- ▶ historical perspective

Historia

La deformidad de Madelung (DM) consiste en un complejo de deformidades de la muñeca que se originan en la afectación fisaria asimétrica del radio distal, que afecta tanto a las regiones volar como cubital, un área correspondiente a la fosa semilunar. Es un trastorno autosómico dominante con penetrancia incompleta en el 40% de los casos, al que también se ha denominado discondroplasia, osteocondrodistrofia o hemiatrofia de la fisis distal.¹⁻⁵

Otto Madelung (►Fig. 1A) fue un cirujano alemán que detalló la deformidad y su tratamiento en 1878. Sin embargo, otros autores, incluso algunos citados por Madelung, habían descrito la patología anteriormente, como Dupuytren (1834), Smith (1847), Adams (1854), Malgaigne (1855), and Jean (1875).²⁻⁶

El término *deformidad de Madelung* difiere de la enfermedad de Madelung, que se emplea para denotar otra enfermedad que había sido descrita por el mismo cirujano: la lipomatosis benigna de la región cervical (►Figs. 1B y 1C).²

Hoy ya conocemos muchos aspectos de la DM; sin embargo, se desconoce su causa. La DM se produce debido a una falla en el crecimiento y desarrollo de las regiones cubital y volar del la porción distal del radio. Se atribuye clásicamente a un cierre fisario temprano, y la enfermedad también se llama discondrosteosis.^{1,2,5,7-9}

En 1992, Vickers y Nielsen¹⁰ publicaron una serie de 17 pacientes con DM, y describieron un cambio anatómico de los ligamentos radiocarpianos volares dirigidos hacia el hueso semilunar. Los autores describieron esos cambios como una correa gruesa, y el aumento de la tensión en esos ligamentos sobre la fisis de esa área del radio sería la causa de la detención del crecimiento. A diferencia del ligamento normal, este se origina en la metafisis, atraviesa la fisis, y, según la teoría más aceptada, provoca una compresión fisaria durante el crecimiento. Esta estructura se conoció más tarde como "ligamento de Vickers"^{1,4}. Carter

y Ezaki¹³ confirmaron su existencia en el 91% de los casos operados por DM. Este ligamento anómalo es un tema de discusión, y puede considerarse la causa de los cambios del hueso semilunar y del carpo en su conjunto, o puede representar una hipertrofia compensadora de la cápsula radiocarpiana y un acortamiento del ligamento radiolunar secundario a la deformidad ósea.^{11,12} La tendencia del hueso semilunar hacia la migración proximal y volar debido al aspecto displásico de la fosa radial culminaría entonces en su hipertrofia. Antes de la descripción de Vickers y Nielsen,¹⁰ Linscheid ya había descrito cambios anatómicos de los ligamentos radiocarpianos volar y del músculo pronador cuadrado en pacientes con DM.

El radio se acorta y se desvía distalmente hacia las direcciones volar y cubital con el déficit de crecimiento de la porción anteromedial de la fisis distal. Esos cambios anatómicos hacen que el cúbito distal se vuelva prominentemente con su crecimiento normal que, junto con la subluxación volar del carpo, dan lugar a una deformidad en forma de bayoneta (►Fig. 2).^{1,4,5}

Es importante resaltar que algunas deformidades pueden simular la DM (conocidas como pseudo-Madelung), como la osteocondromatosis múltiple, el "puño de gimnasta", las lesiones fisarias postraumáticas, el raquitismo, y la artritis inflamatoria o infecciosa, que suelen ser lesiones unilaterales.^{1,13}

En la literatura, también se ha descrito la dicha DM inversa, en la que la alteración del crecimiento en la porción cubital de la epífisis radial distal se localiza dorsalmente, en lugar de volar, lo que lleva a la inclinación anterior del cúbito y la desviación dorsal de la mano debido a un arco radial inverso.¹⁴

Epidemiología

La DM es poco común, y corresponde sólo al 1,7% de las deformidades congénitas de la mano y las extremidades

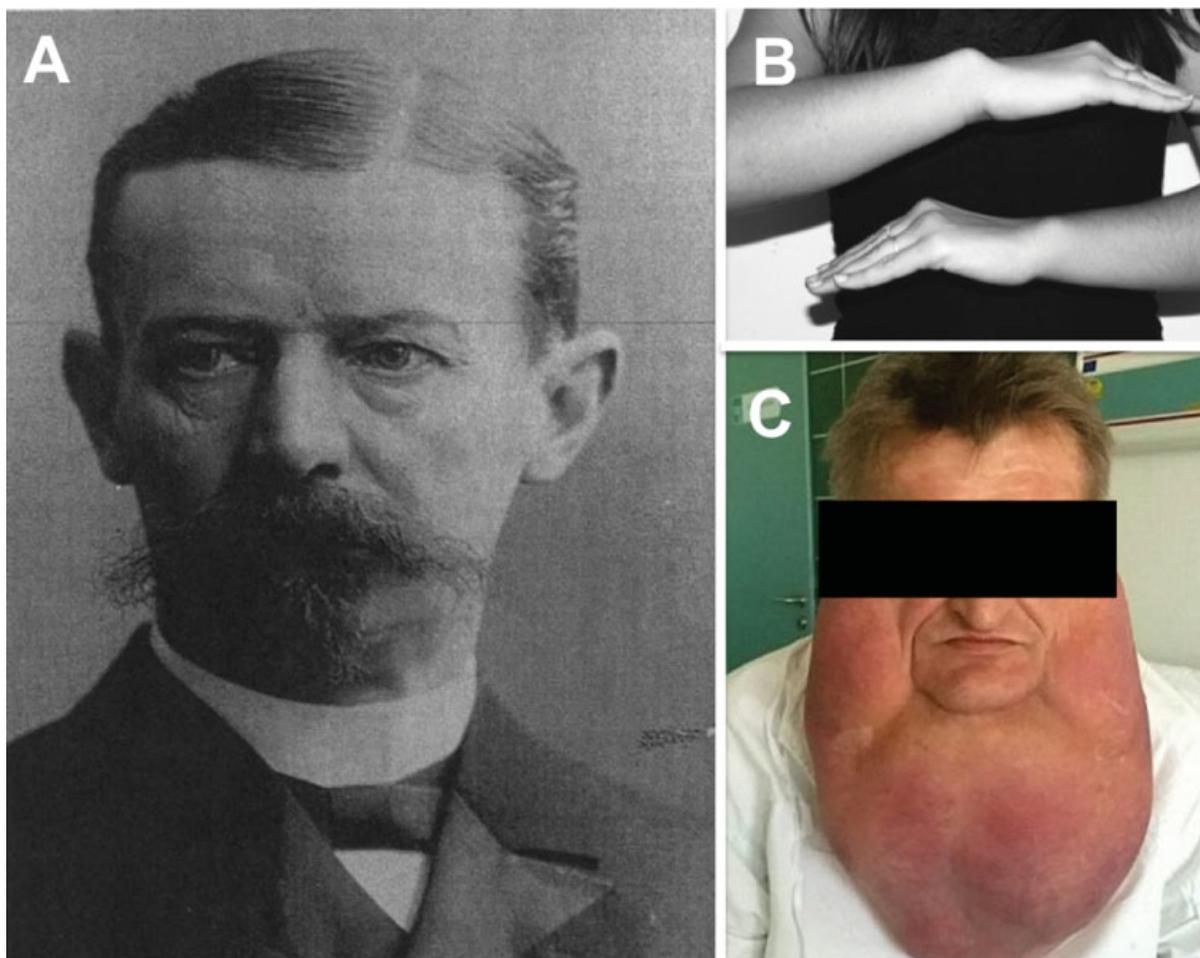


Fig. 1 Cirujano alemán Otto W. Madelung (1846–1926) (A), autor de la descripción de la DM, que es un aumento de la inclinación volar y cubital de la faceta articular del radio distal, secundaria a una displasia fisaria idiopática (B). Fue también el autor de la descripción de la enfermedad de Madelung, que es la lipomatosis benigna de la región cervical (C). (Modificado de *J Hand Surg Am*, 2006;31:177–182²).

superiores. Hay una relación mujer-hombre de 4:1, y bilateralidad en ~ 74% de los casos.^{1,4,5,13}

La mayoría de los casos ocurren de forma aislada, y los patrones de herencia genética ya se han asociado con esta forma de presentación. También existe una fuerte asociación de esta patología con la discondrosteosis de Leri-Weill, una displasia esquelética asociada a la haploinsuficiencia del gen *SHOX*. Este gen se encuentra en la región pseudoautosómica de los cromosomas X e Y, lo que representa un patrón de transmisión diferente al de las patologías genéticas relacionadas al sexo (patrón pseudoautosómico). Por lo tanto, la probabilidad de que los niños de portadores de trastornos por haploinsuficiencia *SHOX* hereden el defecto genético es del 50%. También existe una asociación con otras enfermedades que cambian la estructura del gen *SHOX*, que evoluciona con el desarrollo de DM, como el síndrome de Turner. Además, hay algunos patrones de defectos genéticos que se originan independientemente la patología, como la mutación *GNAS*. El campo de la genética ha avanzado cada vez más en la comprensión de la causalidad.^{2,7,13,15}

Diagnóstico

Aspectos clínicos

Se sabe que la DM se desarrolla años antes de causar cualquier síntoma o inclinación clínicamente relevante. El crecimiento hipoplásico de la porción distal del radio (regiones volar y cubital) termina en una multitud de cambios estructurales, más notablemente el aumento de las inclinaciones palmar y cubital del radio distal; la curvatura anterior de la diáfisis radial; el aplanamiento o ausencia de la fisis cubital del radio distal; la prominencia dorsal de la cabeza cubital; el aumento de la inclinación cubital distal; y la migración proximal del hueso semilunar, lo que le da al carpo una apariencia de pirámide o triángulo invertido en las radiografías. Se pueden detectar cambios sutiles durante la infancia si hay un alto nivel de sospecha. Sin embargo, las señales de la enfermedad se hacen evidentes a principios de la adolescencia, durante la fase de rápido crecimiento óseo. Los síntomas incluyen dolor y molestias estéticas, además de niveles variados de pérdida del rango de movimiento (RDM) de la muñeca, especialmente en supinación y extensión.^{2,4,7,10}

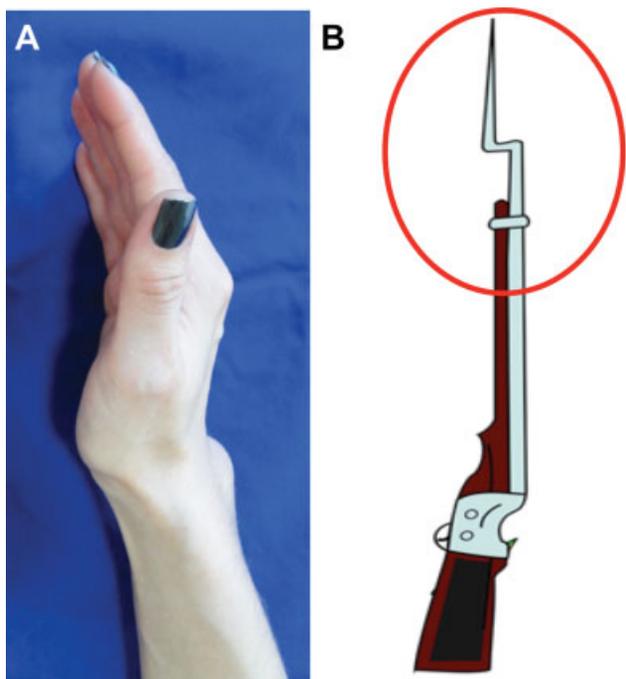


Fig. 2 Debido al crecimiento asimétrico de la fisis distal del radio, la DM presenta una asociación de variaciones anatómicas. El radio se acorta, y su cara distal se inclina volar y cubitalmente. Esos cambios anatómicos hacen que el cúbito distal se quede prominente y, con el crecimiento normal, que con la subluxación volar del carpo den lugar a una deformidad en forma de bayoneta (A,B).

Clínicamente, el paciente presenta quejas relacionadas con un cúbito largo (longitud relativa) y dorsalmente subluxado por el acortamiento radial. La mano puede asumir una posición más anterior y cubital en relación con la muñeca debido a la migración del carpo; sin embargo, las primeras manifestaciones que advierte el paciente suelen estar relacionadas con el cúbito. También puede haber quejas de que la extremidad afectada es más corta cuando la deformidad es unilateral. También se han informado cambios esqueléticos en pacientes con DM, como cúbito valgo, arqueamiento tibial, ausencia de la cabeza humeral, brazos y piernas acortados, y braquidactilia. Muchos de ellos ocurren en pacientes con discondrosteosis.^{1,11}

Radiografía

La principal modalidad de imagen para la DM es la radiografía. Las imágenes posteroanterior y lateral proporcionan la información sobre la mayoría de los cambios estructurales de la muñeca.^{1,16,17} El carpo aparece como una pirámide o un triángulo invertido, con el ápice hacia el hueso semilunar; hay un aumento en la longitud relativa del cúbito; y también puede observarse subluxación dorsal cubital con abertura de la articulación radiocubital distal (ARCD), junto con ensanchamiento y distorsión de la anatomía normal de la cabeza cubital. Se identifica una mayor inclinación cubital y palmar del radio, y la fosa de la metáfisis medial del radio adquiere forma de llama en el sitio de inserción del ligamento de Vickers. El carpo permanece subluxado volar y cubitalmente, y, debido al aplanamiento de

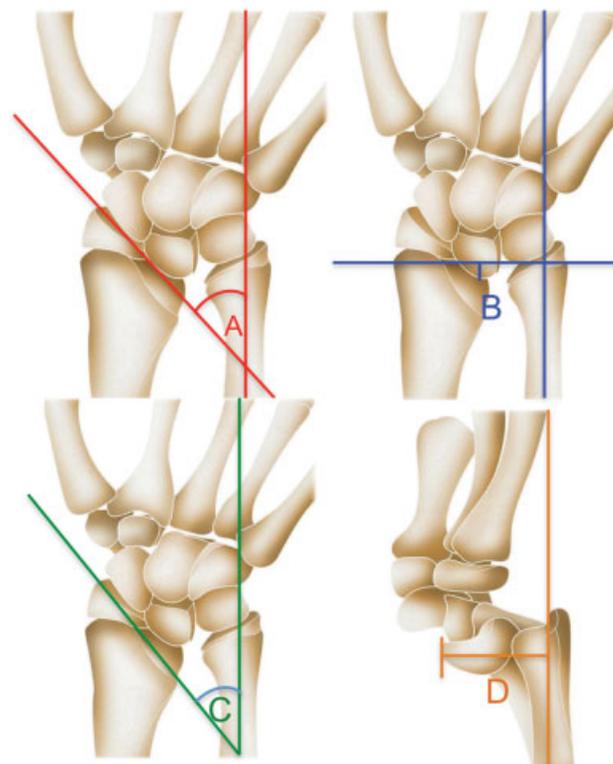


Fig. 3 Patrones radiográficos establecidos por McCarroll et al.¹⁶ para el diagnóstico de la DM. Radiografía de vista anteroposterior: inclinación cubital (A); hundimiento semilunar (B); y ángulo de la fosa semilunar (C). Radiografía de vista lateral: desplazamiento del carpo palmar (D).

la fisis cubital del radio distal, se produce el arqueamiento de la diáfisis anterior radial.¹⁶⁻²⁰

La superficie de la articulación radial muestra una desviación cubital promedio de 60° en la vista anteroposterior (los valores normales son de ~ 23°), y una inclinación volar de 35° en la vista lateral (normal: 11°). El ángulo entre el radio y el tercer hueso metacarpiano, generalmente de 5°, es mayor de 15° en la DM.¹⁶⁻²¹

Los cambios antes mencionados, cuando se identifican de forma aislada, no justifican el diagnóstico y, por lo tanto, McCarroll et al.¹⁶ han determinado patrones radiográficos que, sumados, proporcionan un alto valor predictivo positivo para el diagnóstico de la DM. (► Fig. 3).

Radiografías de vista anteroposterior

- Inclinación cubital: el complemento del ángulo agudo A (90-A), formado por una línea correspondiente al eje longitudinal cubital, y otra tangencial a la superficie proximal de los huesos escafoides y semilunar. La DM se caracteriza cuando el ángulo supera los 33°.
- Hundimiento del hueso semilunar: la distancia en milímetros desde una línea perpendicular al eje longitudinal del cúbito, en la línea de unión y el punto más proximal del hueso semilunar. Es positivo si el cúbito sobrepasa ese punto. La DM se caracteriza si supera los 4 mm.

- Ángulo de la fosa semilunar: el complemento del ángulo agudo C (90-C), formado por el eje longitudinal del cúbito y una línea tangencial hacia la fosa ósea semilunar. La DM se caracteriza si es mayor de 40°.

Radiografías de vista lateral

- Desplazamiento del carpo palmar: la distancia en milímetros entre el eje longitudinal del cúbito y el punto más palmar en la superficie de los huesos semilunar o capitado. La DM se caracteriza si supera los 20 mm.

Imagen de resonancia magnética

La imagen de resonancia magnética (RM) no es necesaria para el diagnóstico, pero puede contribuir a una mejor comprensión tridimensional de la deformidad, además de mostrar la presencia del ligamento de Vickers, permitir la evaluación de cambios secundarios del complejo fibrocartilago triangular y la determinación de la extensión de la implicación de la fisis.^{1,3,21} Algunos autores defienden que la RM en niños con antecedentes familiares de la enfermedad puede mostrar evidencia temprana de engrosamiento del ligamento radiocarpiano volar y proporcionar un tratamiento más temprano con resección, evitando así la progresión de la enfermedad. En su artículo clásico, Vickers y Nielsen¹⁰ abogan por el uso de RM para el diagnóstico temprano para identificar la presencia del ligamento anómalo, pero tal indicación no es un consenso.²²⁻²⁴ (►Fig. 4A, 4B, 4C).

Otra posible indicación de la RM en casos de DM sería para evaluar el potencial de crecimiento de la fisis del radio distal, además de planificar una posible liberación, o para el diagnóstico de procesos degenerativos secundarios en caso de procedimientos quirúrgicos de rescate.²⁵⁻²⁷

Tomografía computarizada

La tomografía computarizada (TC) también es útil para la planificación quirúrgica, especialmente en casos de osteotomías del radio distal y ajustes de la ARCD.^{28,29}

Tratamiento

Tratamiento no quirúrgico

Se sabe poco sobre la historia natural de la DM. Algunos pacientes permanecen asintomáticos o con pocas quejas, incluso en la edad adulta. No obstante, algunos pacientes presentan síntomas progresivos debido al proceso degenerativo de la ARCD, con o sin inestabilidad, artrosis radiocarpiana, y pinzamiento cubitocarpiano. Con los datos actuales, es casi imposible predecir cuales pacientes serán sintomáticos.^{1,3,21}

Los pacientes asintomáticos sin deformidades graves o comprometimiento condral significativo y sin molestias estéticas deben ser objeto de seguimiento cada seis meses hasta la edad adulta²¹ (►Fig. 5).

Para aquellos pacientes con pocos síntomas y deformidad leve, el tratamiento no quirúrgico es el consenso. En estos casos, el alivio de los síntomas se logra mediante terapia de mano, uso de ortesis, antiinflamatorios sistémicos y locales, y aplicación de bolsas de hielo¹ (►Fig. 6).

En pacientes adultos con DM, también se ha descrito la rotura espontánea de los tendones extensores de los dedos por atrición con irregularidades de la ARCD, un mecanismo similar al de la artritis reumatoide.³⁰

Como regla general, se debe considerar el tratamiento invasivo (cirugía) en pacientes que presenten tal deformidad de manera suficientemente intensa para provocar síntomas antes del cierre fisario, y, en casos de deformidad severa, que generen discapacidad funcional y dolor.^{1,5,21}

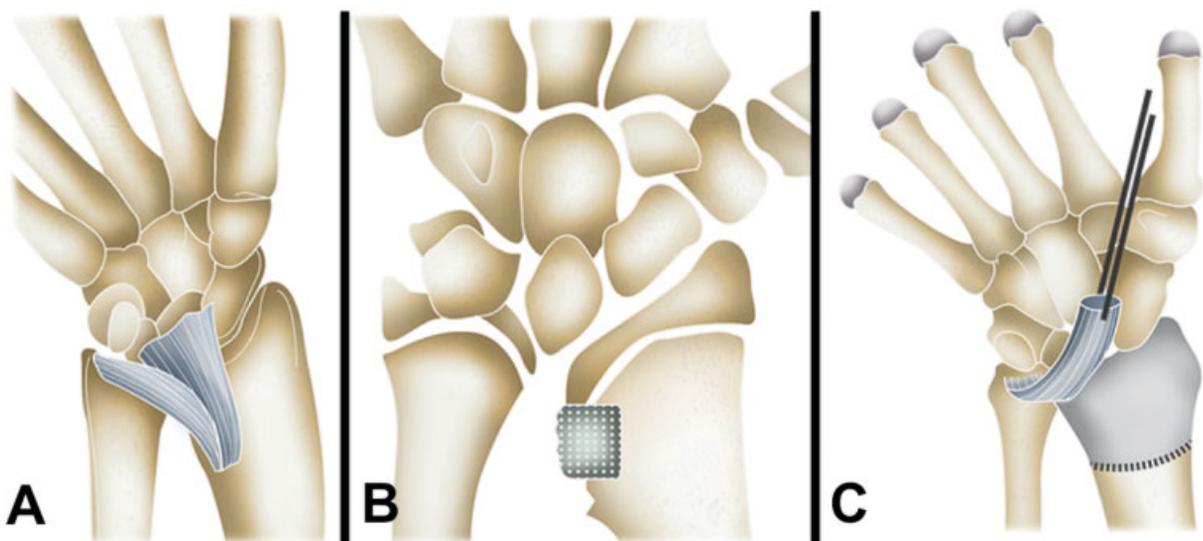


Fig. 4 Detalle del ligamento de Vickers, que es un cambio anatómico de los ligamentos radiocarpianos volares hacia el semilunar. Consiste en un cordón grueso que teóricamente aumenta la tensión en la fisis del radio distal (A). Procedimiento de Langenskiöld para pacientes jóvenes con alto potencial de crecimiento, que consiste en liberación de barra fisaria (epifisiolisis) e interposición de grasa dentro del vacío creado (B). Osteotomía metafisaria del radio distal en forma de cúpula asociada a la resección del ligamento de Vickers, indicada para pacientes adolescentes con deformidad y sin cambios degenerativos (C).



Fig. 5 Paciente del sexo femenino, de 10 años, con DM bilateral, más acentuada a la izquierda (A,B). El paciente tenía pocos síntomas; el principal hallazgo fue la pérdida de supinación. La radiografía revela las principales características de la enfermedad (C).

Tratamiento quirúrgico

Los pacientes sintomáticos o aquellos con molestias cosméticas, con enfermedad avanzada y progresión significativa cerca de la madurez esquelética, a menudo requieren tratamiento quirúrgico. La cirugía tiene como objetivo lograr el alivio del dolor y la recuperación funcional, dejando los problemas estéticos a un segundo plano.^{1,5,21}

El tratamiento debe considerar el grado de madurez esquelética; la severidad de las deformidades angulares y

Tabla 1 Tratamiento de la deformidad de Madelung basado en la estadiificación de la enfermedad. Los procedimientos preferidos de los autores para cada etapa se muestran en negrita

Etapa evolutiva	Procedimientos
Esqueleto inmaduro con alto potencial de crecimiento	Resección del ligamento de Vickers Fisiolisis Fisiolisis + resección del ligamento de Vickers
Esqueleto inmaduro y bajo potencial de crecimiento	Osteotomía de la cúpula del radio + fisiolisis
Esqueleto maduro sin cambios degenerativos	Osteotomía de acortamiento cubital Osteotomía de apertura palmar del radio Osteotomía de cierre de radio dorsal + acortamiento cubital
Pacientes con cambios degenerativos	Procedimiento de Darrach Procedimiento de Sauvé-Kapandji Artroplastia de la articulación radiocubital distal

la fosa semilunar; la intensidad de los síntomas; el grado de compromiso condral; la inestabilidad de la ARCD; la presencia de osteoartritis radiocarpiana; y la presencia de síndrome de pinzamiento cubitocarpiano (►Tabla 1).^{13,21}

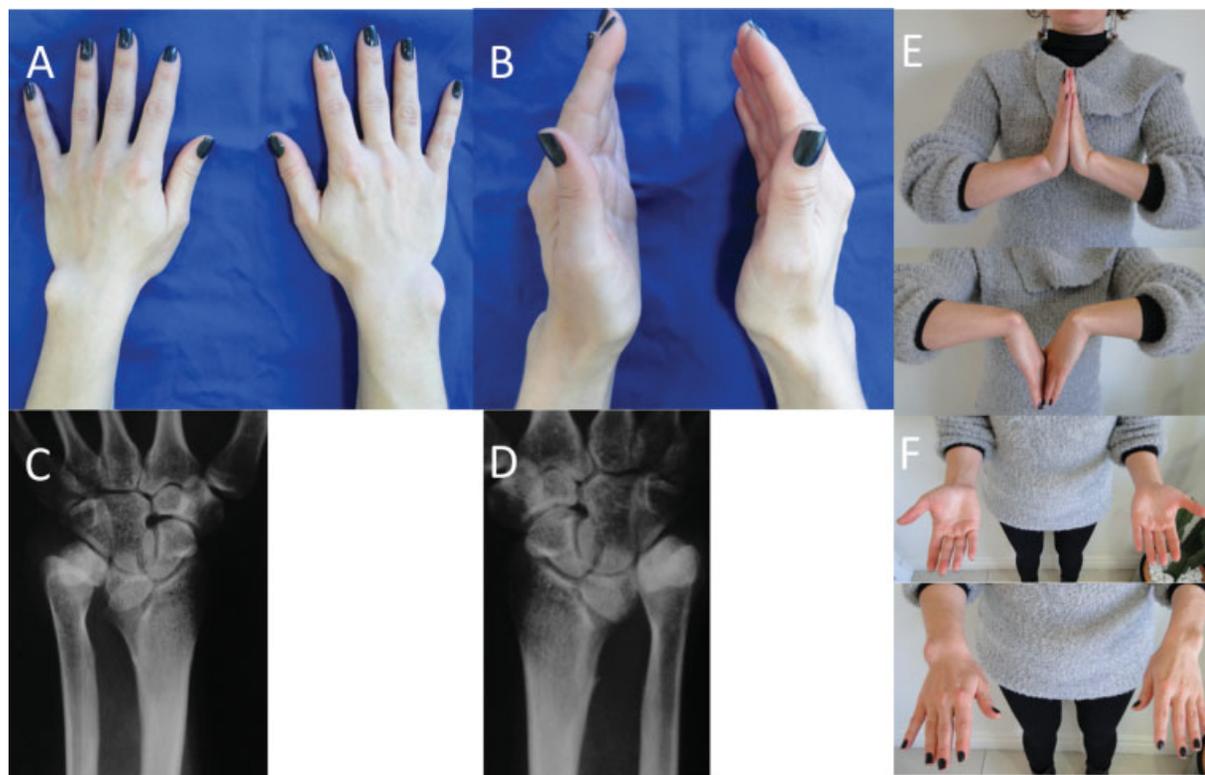


Fig. 6 Paciente del sexo femenino, de 35 años, con DM bilateral y más de 20 años de seguimiento clínico (AB). Las radiografías muestran DM (C, D). El paciente muestra clínicamente un buen rango de movimiento, con una ligera pérdida de extensión y flexión de la muñeca. Se retienen la pronación y la supinación del antebrazo (C).

El tratamiento quirúrgico se divide en grupos de procedimientos según la madurez esquelética, la gravedad de la deformidad, y la presencia de cambios degenerativos.

Esqueleto inmaduro con alto potencial de crecimiento

Fisiolisis con resección del ligamento de Vickers (técnica quirúrgica)

El ligamento de Vickers, debido a que es diferente de la inserción metafisaria normal de los ligamentos radiocarpianos, que tienen su unión proximal en la epífisis, crea una compresión de la fisis del radio cubital y volar durante el crecimiento. Los autores en la literatura^{10,13} se basan en esa teoría para explicar el cierre fisario temprano del radio distal en esa región. Este ligamento también sería responsable de generar la forma de pirámide carpiana al anclar el semilunar en una posición más baja.^{10,13}

El procedimiento adecuado en esta etapa de la evolución fue descrito por Langenskiöld, y ha sido nombrado históricamente por él; sin embargo, Vickers es el responsable de la popularidad del tratamiento para la MD^{4,5,10} (Fig. 4B). El procedimiento consiste en la liberación (cierre) de la barra fisaria en las regiones volar y cubital del radio distal, asociada a resección anómala del ligamento. Inicialmente, algunos autores en la literatura⁵ emplearon un abordaje palmar transversal de la muñeca. Posteriormente, otros autores²¹ se han inclinado por el abordaje longitudinal. El ligamento radiolunar se eleva desde el radio y se reseca. A continuación, se osteotomiza y se reseca una porción ósea, a 5 mm de la ARCD, que conecta la metáfisis con la epífisis, y que pasa por la fisis. Para mayor precisión, se pueden hacer perforaciones con una aguja de Kirschner para demarcar una línea de puntos que indica el hueso que se va a resecar. La interposición de grasa sigue en el defecto óseo para prevenir la formación de una nueva barra de hueso fisario.^{5,10,21,31}

A pesar de los informes prometedores¹³ de resección aislada del ligamento de Vickers en deformidades leves y en etapas tempranas, todavía no hay evidencia consistente de que dicho procedimiento aislado sea un tratamiento efectivo.¹³

Epifisiodesis de la fisis cubital distal

Es un procedimiento más histórico y poco utilizado hoy en día.

Esqueleto inmaduro con bajo potencial de crecimiento

Osteotomía de cúpula de radio asociada a fisiolisis (técnica quirúrgica)

Los procedimientos que abordan solo la progresión de la deformidad en pacientes con un grado avanzado de madurez esquelética se consideran insuficientes. En este caso, se deben realizar cirugías correctivas.^{11-13,21}

En 2006, Harley et al.¹¹ publicaron buenos resultados con el abordaje volar de Henry. Utilizando osteotomías curvas, se realiza una osteotomía de cúpula en la metáfisis del radio

distal junto con la liberación de los ligamentos radiocarpianos engrosados. Después de la osteotomía, el fragmento distal se alinea mediante una maniobra que exige tracción, desviación radial, pronación, y translocación dorsal. La técnica original emplea clavos Steinmann de 2,4 mm para la fijación de la osteotomía, que se retienen durante 6 semanas¹¹ (► Fig. 4C).

Esqueleto maduro sin cambios degenerativos

Osteotomía aislada del radio (técnica quirúrgica)

Se recomienda la osteotomía aislada para corregir la deformidad primaria del radio. Se utilizan diferentes formas de osteotomías de radio, incluyendo cuñas de cierre y apertura para corrección intraoperatoria, o corrección progresiva mediante la técnica Ilizarov.^{12,29,32-36}

Actualmente, la tendencia es priorizar los procedimientos de apertura de radio y así promover la mejora de la varianza cubital, pues permite el aumento de la longitud radial, además de la corrección del defecto primario.^{12,34,36,37} Para evitar el alargamiento excesivo del radio en un sólo procedimiento, algunos autores abogan por la asociación de esta técnica con la osteotomía de acortamiento cubital.^{38,39}

Osteotomía cubital aislada

Debido a que la mayoría de las molestias y los síntomas están relacionados con la prominencia cubital dorsal y el pinzamiento cubitocarpiano, los procedimientos de acortamiento cubital pueden ofrecer una mejoría clínica considerable. Ahora se pueden utilizar dispositivos de osteotomía mínimamente invasivos, lo que posibilita un procedimiento igualmente eficaz y más biológico.^{40,41}

Pacientes con cambios degenerativos

Artroplastia de la ARCD (técnica quirúrgica)

Los pacientes con DM avanzada cuyos tratamientos en etapas tempranas han sido insuficientes o retrasados pueden desarrollar síntomas severos de inestabilidad de la ARCD, limitación severa de la pronosupinación, y prominencia relevante del cúbito distal. Los procedimientos de Darrach y Sauvé-Kapandji se han descrito clásicamente (► Fig. 7). Una alternativa a estos procedimientos es la artroplastia total de la ARCD con prótesis semiconstreñida, como describen Coffey et al.⁴² Este procedimiento implica el uso de un componente metálico fijado al radio, cubriendo la fosa sigmoidea, con un vástago intramedular cubital compuesto por una estructura esferoide final de polietileno de peso molecular ultraalto que reemplaza el cúbito distal. Es de destacar que los pacientes con cambios anatómicos graves concomitantes al compromiso de la ARCD pueden requerir procedimientos correctivos previos (osteotomía radial o cubital).⁴²

Conceptos de los autores en la literatura

Como describieron Harness et al.⁴³ en 2004, la porción volar y cubital del radio distal es fundamental para la estabilización

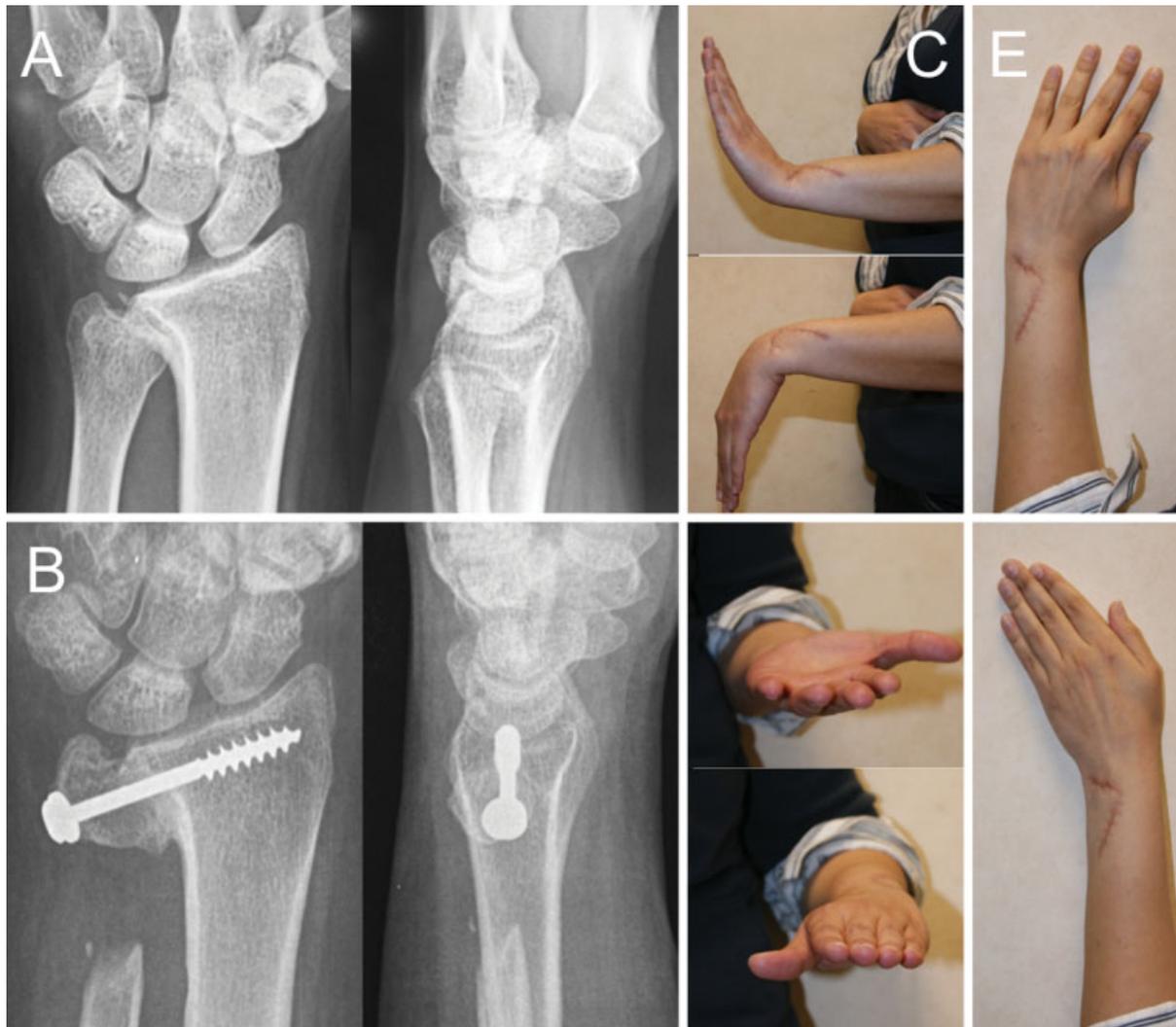


Fig. 7 Paciente del sexo femenino con DM, de 37 años, con quejas de dolor (puntaje de 7/10 en la Escala Visual Analógica [EVA]) y restricción de pronosupinación (total: 50°) (A). Las radiografías muestran cambios degenerativos avanzados en la ARCD (B). Se indicó y realizó artroplastia de resección de Sauvé-Kapandji. A los 12 meses de evolución, la paciente presentó cicatrización bien alineada en la artrodesis de la ARCD, y mejoría considerable del dolor (puntaje de 2/10 en la EVA), junto con buena recuperación de la flexión-extensión, pronosupinación e inclinación radial y cubital de la muñeca (B-E).

del carpo. En las fracturas del radio distal, el comprometimiento de ese sitio crea una inestabilidad severa y un desplazamiento palmar del semilunar, con la consiguiente subluxación palmar del carpo. En la DM, el carpo se comporta de la misma manera; sin embargo, la literatura no enfatiza que la porción hipoplásica volar y cubital del radio provoque que el carpo, y principalmente el semilunar, se desplacen de forma volar.

El cambio anatómico del ligamento radiocarpiano palmar (LRCP), descrito por Vickers y Nielsen¹⁰ como un cordón grueso dirigido hacia el hueso semilunar, se sugiere como la posible causa de lesión fisaria en ese área del radio. No obstante, hasta la fecha, no se puede afirmar con certeza si los cambios anatómicos del LRCP y del músculo pronador cuadrado serían la causa o la consecuencia de la DM.^{5,13,21}

Consideramos que, una vez que el ligamento de Vickers no existe en todos los pacientes con DM, y debido a que la serie

de pacientes presentada por Vickers y Nielsen¹⁰ tenía una edad media superior a los 12 años – o sea, pacientes en un estadio avanzado de la enfermedad –, el engrosamiento del LRCP sería una hipertrofia adaptativa en un intento de contener la subluxación palmar del carpo, en particular el semilunar. Por lo tanto, es posible que la resección del ligamento de Vickers como tratamiento aislado en la infancia no sólo no ayude, sino que incluso empeore la inestabilidad del carpo.

La mayoría de los tratamientos propuestos para la DM abordan los cambios en el lado cubital de la muñeca.^{40–42,44} Estas técnicas no tienen como objetivo corregir la deformidad del radio de la cara volar de la fosa semilunar, el sitio de origen de la enfermedad. No existe una descripción de la corrección intraarticular de los cambios radiocarpianos como hay para otros cambios de la superficie de la articulación del radio distal.^{45,46} La desventaja de

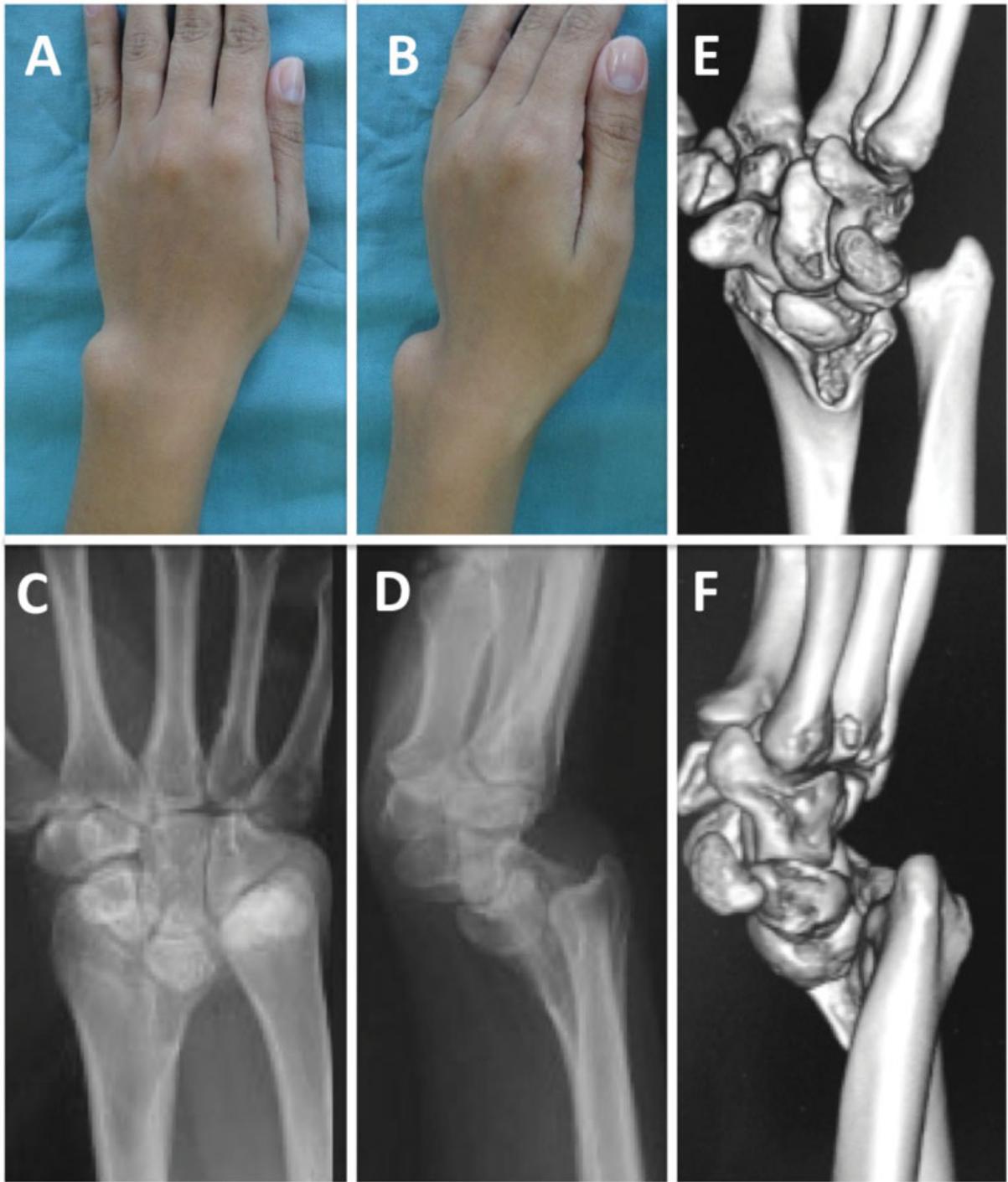


Fig. 8 Paciente del sexo femenino, de 24 años, con diagnóstico de DM, que se queja de dolor y deformidad en la muñeca izquierda (A,B). Las radiografías muestran las características típicas de la enfermedad, incluyendo acortamiento del radio distal y angulación volar, junto con subluxación volar semilunar, pero sin signos degenerativos (C,D). Estudio tomográfico con imágenes de reconstrucción tridimensionales, que detallan la deformidad de la muñeca. La proyección anteroposterior de la articulación muestra un acortamiento del radio distal y un aumento de la angulación cubital (D). La proyección lateral muestra una subluxación volar semilunar causada por la ausencia de los extremos volar y cubital del radio distal (E).

cualquier osteotomía extraarticular del radio es el hecho de que la mejora de la inclinación de la superficie articular puede conducir a un carpo en “forma de embudo” en la desviación radial, pues su forma triangular no cambiará, y puede dar como resultado una limitación de la desviación cubital y cambios degenerativos a largo plazo.

Varios autores^{47,48} han descrito buenos resultados con el uso de la osteotomía volar del radio distal para diferentes cambios. Como analogía con la displasia de cadera, en la que hay una falta de cobertura acetabular para la cabeza femoral, sugerimos un nuevo método de tratamiento para la DM en pacientes esqueléticamente maduros sin cambios degenerativos. Abogamos por una osteotomía del radio distal por un abordaje volar, para que se logre la realineación de la articulación para mejorar el área de contacto del semilunar. La rotación y el alargamiento de la epífisis distal del radio crean soporte y cobertura para el hueso semilunar, lo que mejora la alineación tanto de la articulación radiocarpiana como de la ARCD.

La idea inicial de un procedimiento simple y obvio con osteotomía intraarticular e injerto óseo parece demasiado agresiva para un carpo ya enfermo, lo que sin duda conduce a rigidez en las articulaciones y aumento del dolor.^{45,46} Por tanto, decidimos utilizar el propio radio distal displásico para la reconstrucción articular. Una adecuada cobertura y soporte del semilunar se consigue mediante una osteotomía extraarticular y con la rotación de la epífisis del radio (►Figs. 8 y 9). Este es el procedimiento de soporte “estante” para la DM, en una analogía con la técnica bien establecida que se usa para la displasia congénita de cadera. La osteotomía se fija con una placa de bloqueo aplicada a la cara volar del radio distal.

Se pueden observar LRPCs hipertróficos y engrosados, y, en esta técnica, no se resecan ni se alargan. El origen de los ligamentos radiocarpianos en la porción cubital del radio distal probablemente será el límite más distal de la osteotomía. La epífisis distal del radio se reposiciona para permitir el soporte y la cobertura del hueso semilunar. La maniobra se realiza con un esparcidor laminar colocado en la porción extrema volar y cubital de la osteotomía. La herramienta ayuda a alargar y rotar la epífisis distal del radio, que será mayor en este lado del radio.³⁹ (►Figs. 10 y 11).

En pacientes que necesitan un pequeño alargamiento, la osteotomía radial se puede realizar de forma aislada. Sin embargo, cuando el acortamiento radial es severo (más de 2 cm), recomendamos proceder con una osteotomía de acortamiento cubital (descrita por Milch), que facilita la reducción de la articulación radiocubital distal y reduce la cantidad de injerto óseo necesario para llenar el vacío creado en el radio (►Figs. 12 y 13).

En pacientes con cambios degenerativos radiocarpianos y en la ARCD, Kaempf de Oliveira et al.²⁷ han descrito una técnica intraarticular para la reconstrucción del radio distal. Se emplea el hueso semilunar para reconstruir el radio distal, asociado con la carpectomía proximal y el procedimiento de Sauvé-Kapandji. La técnica se realiza por de una incisión longitudinal dorsal, seguida de una capsulotomía radiocarpiana en forma de V con base dorsal. El procedimiento de Sauvé-Kapandji se realiza por la misma incisión dorsal; el posicionamiento y la fijación semilunar se colocan en el vacío creado en el radio distal. La porción reseca del cuello cubital se emplea como injerto óseo para el radio. La fijación definitiva de la porción distal cubital y el

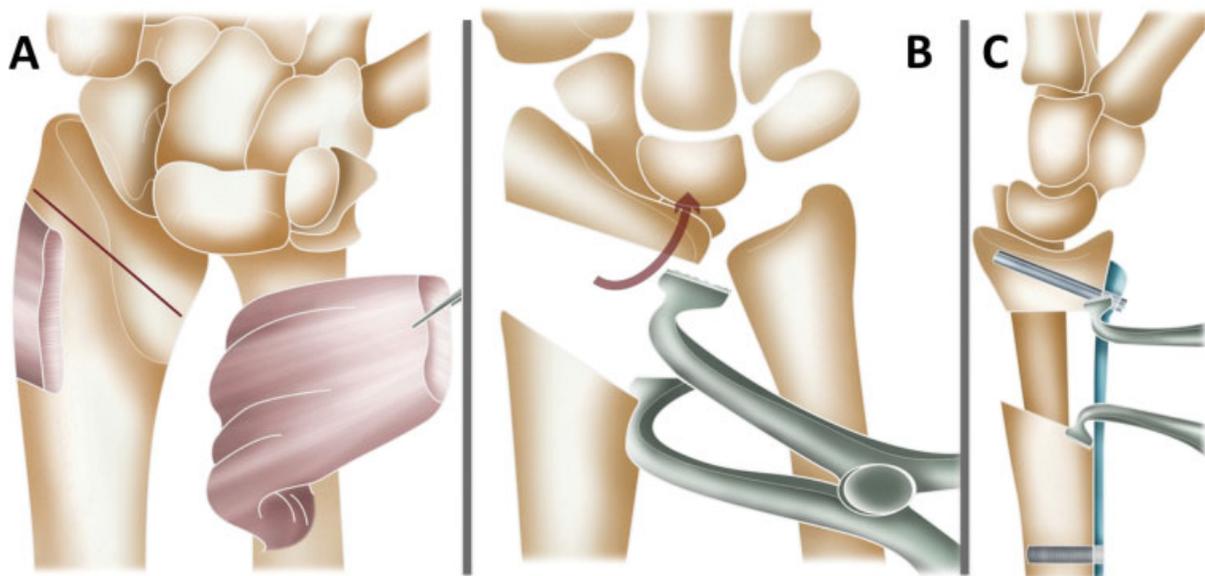


Fig. 9 Esquema de la técnica de osteotomía de plataforma volar para cobertura del semilunar. Se hace una incisión volar en la muñeca, por el flexor radial del carpo, con elevación del músculo pronador cuadrado en forma de L, para llegar a la cara del hueso volar del radio distal (A). Después de la osteotomía, la epífisis distal del radio se reposiciona para aumentar el área de cobertura del semilunar y el soporte (estante). Se coloca un esparcidor laminar en la parte más volar y cubital del radio para alargar y rotar la epífisis distal radial (B). Se coloca una placa volar de ángulo fijo para la fijación de la osteotomía tras la corrección de la alineación carpiana (C).

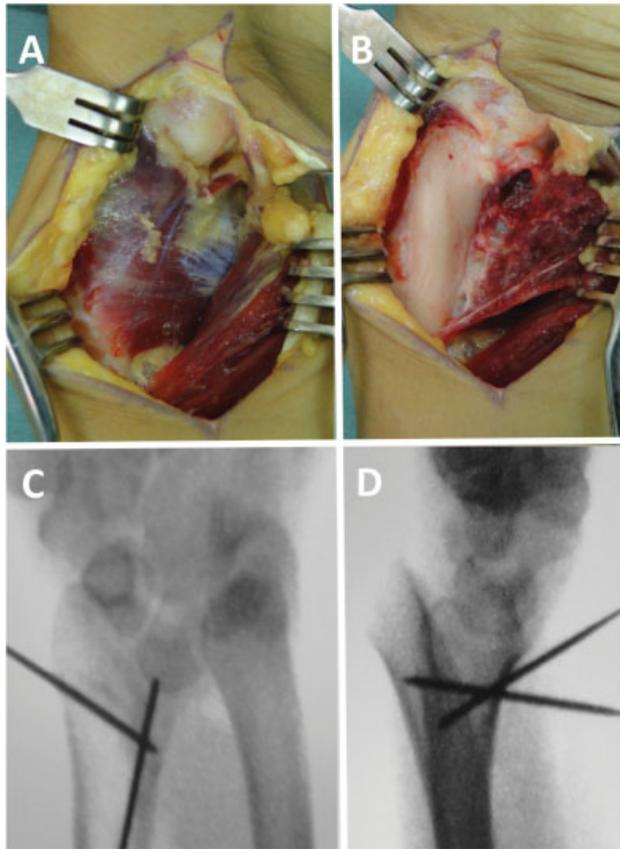


Fig. 10 Vista intraoperatoria de la paciente de la ►Figura 7. Abordaje volar extendido tipo Flexor Carpi Radialis (FCR) (A). Elevación del músculo pronador cuadrado (B). Las agujas de Kirschner se utilizan como guías para la osteotomía, que se hace 1,5cm proximalmente a la articulación y en paralelo a la superficie articular (C,D).

injerto semilunar se realizan con un tornillo canulado de 4,5 mm con arandela, asociado a una aguja de Kirschner para evitar la rotación del fragmento (►Figs. 14 y 15).

El procedimiento promueve la mejora del dolor, de la fuerza de agarre, y de la pronosupinación, sin cambios considerables del RDM radiocarpiano. Como se observó en pacientes sometidos a carpectomía proximal, nuestra técnica no ofrece una recuperación completa del movimiento de la muñeca; sin embargo, esas limitaciones no causan impacto clínico significativo, ni la necesidad de una cirugía de revisión²⁷ (►Figs. 16 y 17).

Otra posible opción de tratamiento para pacientes adultos o ancianos con DM asociada a cambios degenerativos es la denervación selectiva del carpo, que proporciona una reducción del dolor mientras se mantiene el movimiento de la articulación de la muñeca.⁴⁹

La asociación de la DM con fractura de radio distal es extremadamente rara. Sólo hay dos artículos^{50,51} en la literatura sobre esa asociación. El primero⁵⁰ describe una fractura extraarticular tratada de forma conservadora; y el segundo⁵¹ reporta la aparición de la DM después de una fractura del radio distal. Hemos operado a nuestro primer paciente con fractura intraarticular de radio distal con DM mediante placa volar bloqueada, y obtuvimos un excelente resultado funcional. (►Fig. 18).

Conclusión

En los últimos años, los criterios radiológicos de diagnóstico han evolucionado mucho, y de una manera más estandarizada y clara. Todavía no existe una regla general para definir el tratamiento ideal para los pacientes con DM.

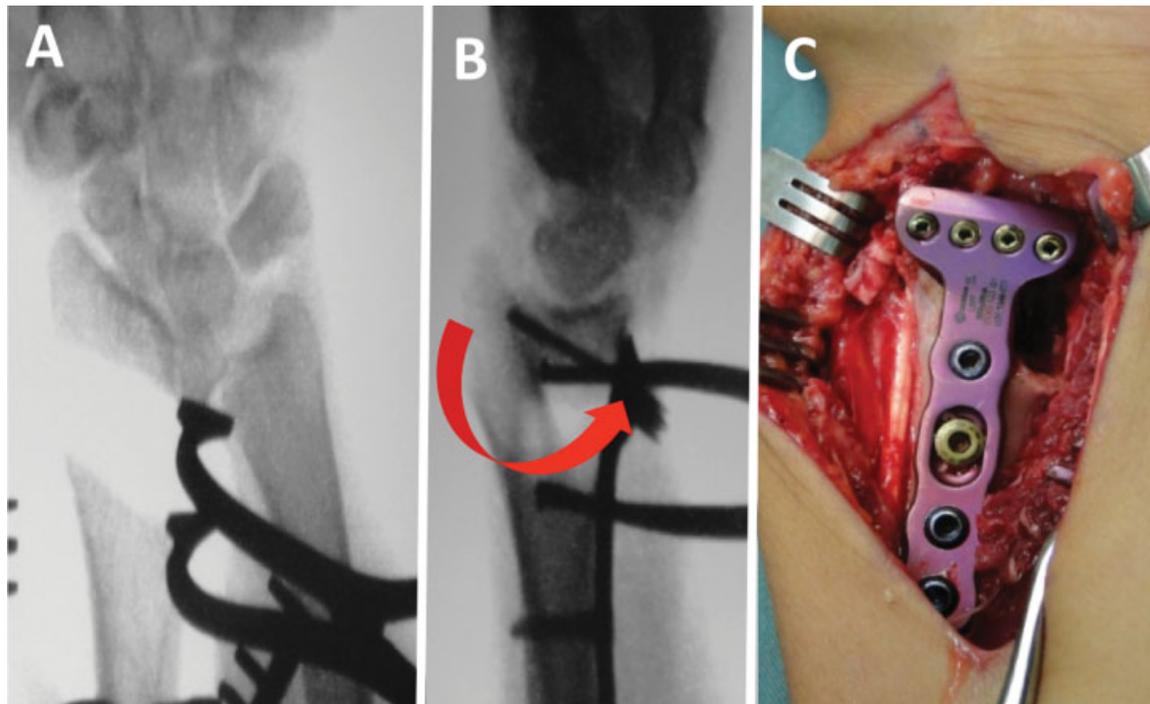


Fig. 11 Después de la osteotomía, la epífisis distal del radio se reposiciona para aumentar el área de contacto y la cobertura del semilunar (repisa). Se coloca un espaciador laminar en la parte más volar y cubital del radio para alargar y rotar su epífisis distal (A,B). Se utiliza una placa volar de ángulo fijo para la fijación de la osteotomía (C).

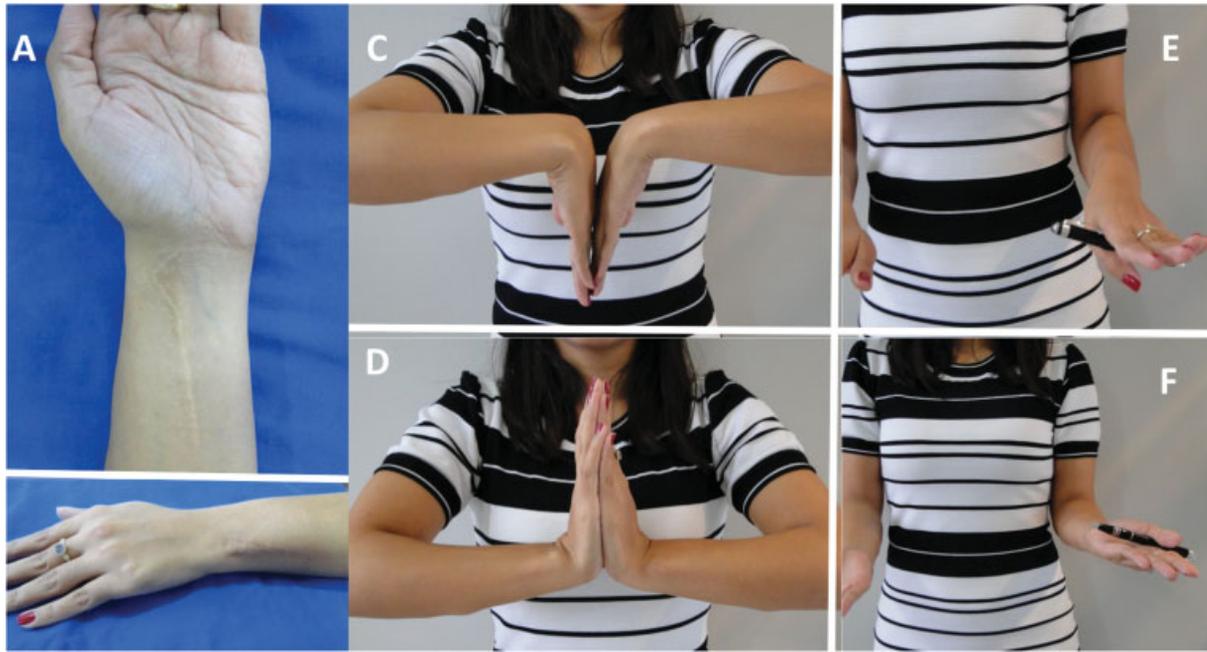


Fig. 12 Aspecto clínico de la paciente a los cinco años del postoperatorio. La alineación de la muñeca ha mejorado y la protuberancia cubital distal ya no es visible (A,B). Rango de movimiento final de 85° de flexión (C); 80° de extensión (D); 90° de supinación (E); y 90° de pronación (F).

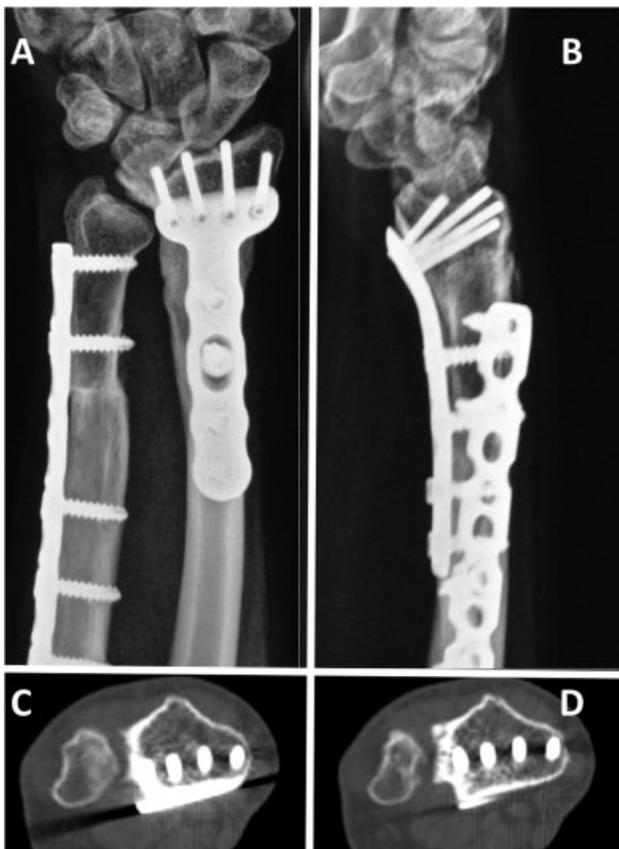


Fig. 13 Cinco años después de la osteotomía de soporte de estantes, las radiografías muestran una cicatrización y remodelación óseas completas en el sitio del procedimiento. No hay cambios degenerativos en la articulación radiocarpiana o ARCD. La alineación de la muñeca se ha corregido con una subluxación palmar del semilunar mejorada (A,B). Los cortes tomográficos muestran la posición de la placa y su relación con la ARCD (C,D).



Fig. 14 Secretaria de 40 años con DM bilateral con quejas de dolor bilateral y deformidad en ambas muñecas durante más de 25 años (AB). Las radiografías anteroposterior (C) y lateral (D) revelan una degeneración grave de la articulación radiocubital distal y entre el radio y la fosa semilunar (flechas negras). La tomografía computarizada (EF) confirma la degeneración severa (flechas negras), mostrando la preservación de la línea articular entre el semilunar distal y el hueso capitado proximal (flechas blancas).

Los resultados con el tratamiento temprano por fisiolisis parecen prometedores. Sin embargo, todavía es difícil abogar por un tratamiento quirúrgico para los pacientes con deformidad leve y pocos síntomas, pues no hay forma de saber cuáles serán sintomáticos en el futuro. Con el paso del

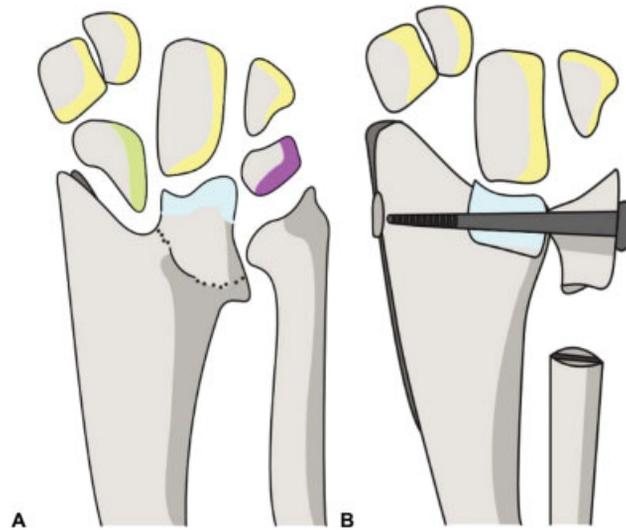


Fig. 15 Figura ilustrativa hecha a partir de la radiografía anteroposterior de la muñeca. Escafoides en verde; semilunar en azul; piramidal en rosa; y segunda fila del carpo en amarillo (A). Planificación preoperatoria con carpectomía de la fila proximal; Sauvé-Kapandji en la ARCD; y reconstrucción de la displasia de la porción volar de la fosa semilunar junto con el hueso semilunar. El injerto lunar en el radio está en azul (B).



Fig. 17 Radiografías posoperatorias tempranas anteroposterior (A) y lateral (B). Se observa una buena alineación radiocarpiana y corrección de la deformidad. Radiografías tras diez años de evolución (C,D). Curación de la ARCD y artrodesis de injerto semilunar. También se ha conservado el espacio articular entre la fosa semilunar y el capitado, aunque con un proceso degenerativo moderado. Aspecto clínico a los diez años de evolución. La paciente tiene un rango de movimiento razonable, sin dolor ni deformidad (E,F).

tiempo, probablemente no trataremos a pacientes con DM, sino a pacientes con riesgo de desarrollar la enfermedad.

El avance en las modalidades de imagenología (TC y RM) y la mejora de los materiales de fijación han ayudado enormemente a mejorar los resultados de las osteotomías correctivas en pacientes con la deformidad. La visualización más clara y precisa de la deformidad, incluidas las reconstrucciones tridimensionales, permite una mejor planificación y ejecución del procedimiento.

En este artículo, los autores brindan una descripción general de la historia de la DM, así como el tratamiento

clásico y el manejo de esta patología. Es importante destacar que estamos evolucionando, pero aún queda mucho por descubrir sobre la DM.

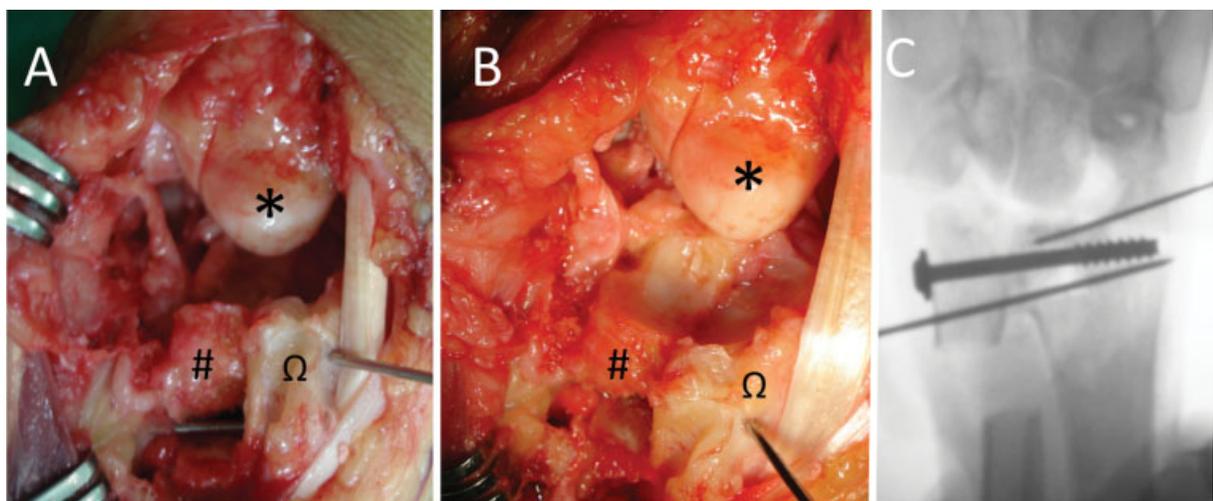


Fig. 16 Vista intraoperatoria. Buena calidad de la porción proximal del capitado de la articulación (*) y de la fosa semilunar del radio distal (Ω) empleando el hueso semilunar como injerto para la reconstrucción de la fosa semilunar del radio distal (#) (A). Buena congruencia entre el radio (Ω), el injerto semilunar (#), y el polo proximal del capitado (*) (B).



Fig. 18 Paciente del sexo femenino, de 56 años, con DM bilateral, que sufrió una caída doméstica al suelo con traumatismo en la muñeca derecha. Las radiografías muestran una fractura intraarticular desplazada del radio distal derecho (A,B). Tratamiento quirúrgico por reducción abierta y fijación interna con placa volar bloqueada. Durante el procedimiento, se prestó atención a la reducción y mejora de la alineación de la articulación radiocarpiana y de la ARCD. Las radiografías a los 30 días y a los 12 meses de evolución muestran mantenimiento de la reducción y curación de la fractura (C,D). A los 12 meses del postoperatorio, la paciente presentó buena evolución clínica, con recuperación de la flexión-extensión y pronosupinación (E,F).

Conflicto de intereses

Los autores no tienen conflicto de intereses que declarar.

Referencias

- 1 Ghatan AC, Hanel DP. Madelung deformity. *J Am Acad Orthop Surg* 2013;21(06):372–382. Doi: 10.5435/JAAOS-21-06-372
- 2 Arora AS, Chung KC. Madelung and the recognition of Madelung's deformity. *J Hand Surg Am* 2006;31(02):177–182
- 3 Peymani A, Johnson AR, Dowlatshahi AS, et al. Surgical Management of Madelung Deformity: A Systematic Review. *Hand (N Y)* 2019;14(06):725–734. Doi: 10.1177/1558944718793179
- 4 Knutsen EJ, Goldfarb CA. Madelung's Deformity. *Hand (N Y)* 2014;9(03):289–291. Doi: 10.1007/s11552-014-9633-y
- 5 Babu S, Turner J, Seewoonarain S, Chougule SMadelung's Deformity of the Wrist-Current Concepts and Future Directions. *J Wrist Surg* 2019;8(03):176–179. Doi: 10.1055/s-0039-1685488
- 6 Madelung ODie spontane subluxation de hand nachvorne. *Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie* 1950. ISBN: 978-3-662-22828-9
- 7 Zebala LP, Manske PR, Goldfarb CA. Madelung's deformity: a spectrum of presentation. *J Hand Surg Am* 2007;32(09):1393–1401
- 8 Nielsen JB. Madelung's deformity.A follow-up study of 26 cases and a review of the literature. *Acta Orthop Scand* 1977;48(04):379–384
- 9 Sellami M, Maatallah K, Riahi H, Bouaziz MC, Hamdi W, Kchir MM. Madelung Deformity. *J Clin Rheumatol* 2020;26(08):e317–e318. Doi: 10.1097/RHU.0000000000001172
- 10 Vickers D, Nielsen GMadelung deformity: surgical prophylaxis (physiolysis) during the late growth period by resection of the dyschondrosteosis lesion. *J Hand Surg [Br]* 1992;17(04):401–407. Doi: 10.1016/s0266-7681(05)80262-1
- 11 Harley BJ, Brown C, Cummings K, Carter PR, Ezaki MVolar ligament release and distal radius dome osteotomy for correction of Madelung's deformity. *J Hand Surg Am* 2006;31(09):1499–1506
- 12 Harley BJ, Carter PR, Ezaki MVolar surgical correction of Madelung's deformity. *Tech Hand Up Extrem Surg* 2002;6(01):30–35. Doi: 10.1097/00130911-200203000-00006
- 13 Carter PR, Ezaki MMadelung's deformity. Surgical correction through the anterior approach. *Hand Clin* 2000;16(04):713–721, x–xi
- 14 Burgos L, Walker M, Daley RA. A Variant of Madelung Deformity: Management of the Distal Ulna Within the Carpal Canal. *J Hand Surg Am* 2021;46(05):429.e1–429.e6. Doi: 10.1016/j.jhssa.2020.06.007
- 15 Benito-Sanz S, Thomas NS, Huber C, et al. A novel class of Pseudoautosomal region 1 deletions downstream of SHOX is associated with Leri-Weill dyschondrosteosis. *Am J Hum Genet* 2005;77(04):533–544
- 16 McCarroll HR Jr, James MA, Newmeyer WL III, Molitor F, Manske PR. Madelung's deformity: quantitative assessment of x-ray

- deformity. *J Hand Surg Am* 2005;30(06):1211–1220. Doi: 10.1016/j.jhsa.2005.06.024
- 17 McCarroll HR Jr, James MA, Newmeyer WL III, Manske PR. Madelung's deformity: diagnostic thresholds of radiographic measurements. *J Hand Surg Am* 2010;35(05):807–812. Doi: 10.1016/j.jhsa.2010.02.003
 - 18 Peymani A, Dobbe JGG, Streekstra GJ, McCarroll HR, Strackee SD. Quantitative three-dimensional assessment of Madelung deformity. *J Hand Surg Eur Vol* 2019;44(10):1041–1048. Doi: 10.1177/1753193419876203
 - 19 Hegazy G, Mansour T, Alshal E, Abdelaziz M, Alnahas M, El-Sebaey I. Madelung's deformity: capitate-related versus ulna-related measurement methods. *J Hand Surg Eur Vol* 2019;44(05):524–531. Doi: 10.1177/1753193419832233
 - 20 Farr S, Guitton TG, Ring D. Science of Variation Group. How Reliable is the Radiographic Diagnosis of Mild Madelung Deformity? *J Wrist Surg* 2018;7(03):227–231. Doi: 10.1055/s-0037-1612636
 - 21 Kozin SH, Zlotolow DA. Madelung Deformity. *J Hand Surg Am* 2015;40(10):2090–2098. Doi: 10.1016/j.jhsa.2015.03.033
 - 22 Cook PA, Yu JS, Wiand W, et al. Madelung deformity in skeletally immature patients: morphologic assessment using radiography, CT, and MRI. *J Comput Assist Tomogr* 1996;20(04):505–511
 - 23 Hanson TJ, Murthy NS, Shin AY, Kakar S, Collins MS. MRI appearance of the anomalous volar radiotriquetral ligament in true Madelung deformity. *Skeletal Radiol* 2019;48(06):915–918. Doi: 10.1007/s00256-018-3094-2
 - 24 Stehling C, Langer M, Nassenstein I, Bachmann R, Heindel W, Vieth V. High resolution 3.0 Tesla MR imaging findings in patients with bilateral Madelung's deformity. *Surg Radiol Anat* 2009;31(07):551–557
 - 25 Ogino T, Ishigaki D, Satake H, Iba K. Free fat graft for congenital hand differences. *Clin Orthop Surg* 2012;4(01):45–57. Doi: 10.4055/cios.2012.4.1.45
 - 26 Otte JE, Popp JE, Samora JB. Treatment of Madelung Deformity With Vicker Ligament Release and Radial Physiolyse: A Case Series. *J Hand Surg Am* 2019;44(02):158.e1–158.e9. Doi: 10.1016/j.jhsa.2018.04.033
 - 27 Kaempf de Oliveira R, Delgado PJ, Ribak S, Bertelli JA, da Silva Marques F. Lunate Grafting Into the Radius for Lunate Fossa Reconstruction in Madelung Deformity. *J Hand Surg Am* 2018;43(07):683.e1–683.e5. Doi: 10.1016/j.jhsa.2018.01.014
 - 28 Yanagisawa S, Takagi T, Murase T, Kobayashi Y, Watanabe M. Open Wedge Osteotomy with Ulnar Shortening for Madelung Deformity Using a Computer-Generated Template. *J Hand Surg Asian Pac Vol* 2017;22(04):538–543. Doi: 10.1142/S021881041772042X
 - 29 Imai Y, Miyake J, Okada K, Murase T, Yoshikawa H, Moritomo H. Cylindrical corrective osteotomy for Madelung deformity using a computer simulation: case report. *J Hand Surg Am* 2013;38(10):1925–1932. Doi: 10.1016/j.jhsa.2013.07.006
 - 30 Jebson PJ, Blair WF. Bilateral spontaneous extensor tendon ruptures in Madelung's deformity. *J Hand Surg Am* 1992;17(02):277–280. Doi: 10.1016/0363-5023(92)90405-e
 - 31 Del Core M, Beckwith T, Phillips L, Ezaki M, Stutz C, Oishi SN. Long-term Outcomes Following Vickers Ligament Release and Growth Modulation for the Treatment of Madelung Deformity. *J Pediatr Orthop* 2020;40(04):e306–e311. Doi: 10.1097/BPO.0000000000001504
 - 32 Steinman S, Oishi S, Mills J, Bush P, Wheeler L, Ezaki M. Volar ligament release and distal radial dome osteotomy for the correction of Madelung deformity: long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 2013;95(13):1198–1204
 - 33 Megremis P, Megremis O. Bilateral Madelung Wrist Deformity in a 13-Year-Old Girl: Surgical Correction With the Taylor Spatial Frame External Fixation System. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev* 2019;3(11):e18.00036. Doi: 10.5435/JAOSGlobal-D-18-00036
 - 34 Van Demark RE Sr, Van Demark RE Jr. Long-term results after the surgical treatment of Madelung's deformity: a case report. *J Hand Surg Am* 1993;18(06):1008–1011. Doi: 10.1016/0363-5023(93)90392-G
 - 35 McCarroll HR Jr, James MA. Very distal radial osteotomy for Madelung's deformity. *Tech Hand Up Extrem Surg* 2010;14(02):85–93. Doi: 10.1097/BTH.0b013e3181dba5fe
 - 36 Murphy MS, Linscheid RL, Dobyns JH, Peterson HA. Radial opening wedge osteotomy in Madelung's deformity. *J Hand Surg Am* 1996;21(06):1035–1044. Doi: 10.1016/S0363-5023(96)80312-1
 - 37 de Paula EJ, Cho AB, Mattar R Junior, Zumiotti AV. Madelung's deformity: treatment with radial osteotomy and insertion of a trapezoidal wedge. *J Hand Surg Am* 2006;31(07):1206–1213. Doi: 10.1016/j.jhsa.2006.06.017
 - 38 Laffosse JM, Abid A, Accadbled F, Knör G, Sales de Gauzy J, Cahuzac JP. Surgical correction of Madelung's deformity by combined corrective radioulnar osteotomy: 14 cases with four-year minimum follow-up. *Int Orthop* 2009;33(06):1655–1661. Doi: 10.1007/s00264-008-0711-z
 - 39 dos Reis FB, Katchburian MV, Faloppa F, Albertoni WM, Laredo Filho J Jr. Osteotomy of the radius and ulna for the Madelung deformity. *J Bone Joint Surg Br* 1998;80(05):817–824
 - 40 Glard Y, Gay A, Launay F, Guinard D, Legré R. Isolated wedge osteotomy of the ulna for mild Madelung's deformity. *J Hand Surg Am* 2007;32(07):1037–1042. Doi: 10.1016/j.jhsa.2007.05.015
 - 41 Bruno RJ, Blank JE, Ruby LK, Cassidy C, Cohen G, Bergfield TG. Treatment of Madelung's deformity in adults by ulna reduction osteotomy. *J Hand Surg Am* 2003;28(03):421–426. Doi: 10.1053/jhsu.2003.50073
 - 42 Coffey MJ, Schecker LR, Thirkannad SM. Total distal radioulnar joint arthroplasty in adults with symptomatic Madelung's deformity. *Hand (N Y)* 2009;4(04):427–431. Doi: 10.1007/s11552-009-9182-y
 - 43 Harness NG, Jupiter JB, Orbay JL, Raskin KB, Fernandez DL. Loss of fixation of the volar lunate facet fragment in fractures of the distal part of the radius. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86(09):1900–1908. Doi: 10.2106/00004623-200409000-00007
 - 44 Angelini LC, Leite VM, Faloppa F. Surgical treatment of Madelung disease by the Sauvé-Kapandji technique. *Ann Chir Main Memb Super* 1996;15(04):257–264. Doi: 10.1016/s0753-9053(96)80035-4
 - 45 del Pi al F, Klausmeyer M, Moraleda E, et al. Vascularized graft from the metatarsal base for reconstructing major osteochondral distal radius defects. *J Hand Surg Am* 2013;38(10):1883–1895
 - 46 Obert L, Lepage D, Sergent P, et al. Post-traumatic malunion of the distal radius treated with autologous costal cartilage graft: a technical note on seven cases. *Orthop Traumatol Surg Res* 2011;97(04):430–437
 - 47 Kaempf de Oliveira R, Serrano PJ, Badia A, Ferreira MT. Corrective osteotomy after damage of the distal radial physis in children: surgical technique and results. *Tech Hand Up Extrem Surg* 2011;15(04):236–242. Doi: 10.1097/BTH.0b013e31821da4b5
 - 48 de Oliveira RK, Binz MA, Ferreira MT, Ruschel PH, Serrano PD, Praetzel RP. Osteotomy of the distal radius using a fixed-angle volar plate. *Rev Bras Ortop* 2015;47(02):173–185
 - 49 Pilny J, Slodicka R, Hajek P, Horackova K. Selective Carpus Denervation - One of Treatment Options of Madelung Deformity. *Z Orthop Unfall* 2020;158(05):497–500. Doi: 10.1055/a-0977-3657
 - 50 Dickson JK, Williams D, Standley D. Traumatic injury to a wrist with incidental Madelung's deformity. *Orthop Traumatol Surg Res* 2010;96(03):323–324
 - 51 Field JS, Rizzo M. Madelung deformity with prior distal radius fracture: a case report. *Am J Orthop* 2007;36(06):E91–E93