

Artículo original

Resultados radiográficos y funcionales de placa de compresión dinámica vs placa de compresión acerrojada en fracturas diafisarias de radio y/o cúbito

Luis Alberto Martínez-Padilla,* José Antonio Peñafort-García**

Hospital General Balbuena, SSDF

RESUMEN. *Objetivo:* Determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados radiográficos y funcionales en los pacientes postoperatorios con placas de compresión dinámica (DCP, *dynamic compression plate*) vs placas de compresión acerrojada (LCP, *locking compression plate*) en fracturas diafisarias de radio y/o cúbito. *Material y métodos:* Estudio cuasi-experimental, observacional, longitudinal, comparativo y prospectivo de pacientes operados con los implantes arriba mencionados por fractura diafisaria de radio y/o cúbito en el Hospital General Balbuena en el período del 01/09/04 al 28/02/05, con 2 años de seguimiento. *Resultados:* Se estudiaron 22 pacientes con placa de compresión dinámica y 11 con placa de compresión autobloqueada, masculinos 88%, predominantemente de la 3^a década de la vida, presentando predominantemente datos de consolidación temprana el grupo de placa de compresión autobloqueada pero con mayor limitación funcional, diferencias que disminuyen a los 3 meses de postoperatorio y aún más a los 6 meses, sin diferencia estadísticamente significativa a los 2 años. *Conclusiones:* A pesar de que existen diferencias al mes y a los 3 meses de postoperatorio atribuibles al tipo de estabilidad que provee cada implante, al inicio de la movilización y al manejo de tejidos blandos, no hay diferencia estadísticamente significativa en los resultados preliminares a 6 meses y finales a 2 años, por lo que se considera que los implantes en estudio a pesar de actuar de forma relativamente distinta son ambos

SUMMARY. *Objective:* To determine if there are statistically significant differences in radiographic and functional outcome in postoperative patients with DCP (*dynamic compression plate*) vs. LCP (*locking compression plate*) in fractures radial and/or ulnar shaft. *Material and methods:* Quasi-experimental, observational, longitudinal, comparative and prospective study, with patients surgically stabilized using the implants mentioned before with diaphyseal forearm fractures in the Balbuena General Hospital from September 1st to February 28th of 2005, with 2 years of follow-up. *Results:* 22 patients were surgically stabilized with dynamic compression plate and 11 with locking compression plate, gender male in 88%, predominantly in 3rd life decade, earlier consolidation in the group of locking compression plate but with greater functional limitation. The differences decreased after 3 months and 6 months of clinical follow up, with no statistically significant differences at 2 years of follow-up. *Conclusions:* Although there are differences at the 1st and 3rd months of postoperative period, attributable to stability provided by each one of the implants, the beginning of mobilization and the soft-tissue handling, there are no statistically significant differences in the preliminary results at 6 months and finally at 2 years of follow-up. We consider that implants in study, even though of acting in a relatively different way, both of them are excellent alternatives of treatment in patients with forearm shaft fractures.

* Médico Ortopedista egresado de la Secretaría de Salud del Distrito Federal.

** Jefe de Servicio de Ortopedia, Hospital General Balbuena, SSDF.

Dirección para correspondencia:

Dr. Luis Alberto Martínez Padilla

Nogales Núm. 52, Fracc. Jardines de San Mateo

Naucalpan, Estado de México. CP 53240

luismtz_ort@yahoo.com.mx

alternativas excelentes para el tratamiento de los pacientes con fracturas de la diáfisis de los huesos del antebrazo.

Palabras clave: fractura de radio, fractura de cúbito, placa dinámica, placa compresiva, estudio comparativo.

Key words: radius fracture, ulnar fracture, dynamic plate, compression plate, comparative study.

Introducción

La fijación interna de las fracturas ha evolucionado en las décadas recientes con un cambio en el énfasis de las prioridades mecánicas a las biológicas.¹ Los aspectos positivos de la fijación rígida con técnicas de compresión fueron la restauración precisa de la anatomía y la función temprana.¹ La placa de compresión dinámica (DCP, del inglés *dynamic compression plate*) fue diseñada para proveer fijación interna combinada con compresión axial a través del trazo de fractura² (*Figura 1*) y el tratamiento de las fracturas diafisarias radiocubitales en el adulto se ha enfocado al uso de estos implantes para la mayoría de las lesiones, incluyendo fracturas expuestas o lesiones provocadas por mecanismos de alta energía.³⁻¹⁰ En esta técnica la consolidación depende directamente de la circulación endóstica, dado que en la placa convencional (DCP) el tornillo actúa como un ancla con su fuerza axial enfocada a presionar la placa contra el hueso,^{2,11,12} sin embargo la interfase de contacto placa-hueso se ha considerado un factor de contribución mayor en el desarrollo de osteoporosis secundaria a insuficiencia vascular cortical.^{11,13-16}

Se sabe que la reducción anatómica y fijación rígida en un intento de alcanzar consolidación ósea *per primans* (consolidación directa o *soudure autogène*) puede retardar la unión como resultado de la denudación periótica y de tejidos blandos excesiva, por lo que en la década pasada ha existido un énfasis creciente en el concepto de «fijación biológica» para el tratamiento de las fracturas de los huesos largos^{1,17-19} involucrando el uso de fijadores internos bloqueados con un contacto mínimo hueso-implante, un puenteo más largo de la fractura y menor número de tornillos para fijación,¹ lo cual ha llevado al desarrollo de implantes como la placa de compresión de contacto limitado (LC-DCP), que disminuye el área de contacto placa-hueso en aproximadamente 50% del total del área bajo el implante;^{11,12,16,20} el PC-Fix (*point-contact fixator*) que no tiene superficie de contacto con el hueso sino únicamente puntos de contacto, además de reemplazar los tornillos largos y bicorticales convencionales por tornillos monocorticales autobloqueados en el orificio de la placa y no en el hueso;^{12,18,21,22} o la placa de compresión acerrojada o autobloqueada (en lo sucesivo LCP por *locking compression plate*) (*Figura 2*) que logra conjuntar la compresión axial convencional con la fijación interna bloqueada (*Figura 3*).²³⁻²⁵

El objetivo es producir las mejores condiciones biológicas para la consolidación más que la estabilidad absoluta de la fijación y esto ha demostrado provocar consolidación temprana,¹ además de reducir el riesgo de infección como resultado de un mejor aporte vascular, un rango superior de consolidación y un riesgo menor de refractura posterior a la remoción del implante^{21,26} aunque ciertos estudios comparativos reportan no encontrar diferencias estadísticamente significativas con las placas convencionales^{27,28} o en casos de colocación del implante de manera subperiótica o extraperiótica.²⁹

El número estándar de corticales que deben tomar los tornillos de la placa de compresión es un mínimo de 6 ó 7 a cada lado de la fractura,³⁰ sin embargo estudios *in vitro* sugieren que la longitud de la placa es más importante que el número de tornillos utilizados para proveer resistencia a la misma^{31,32} aunque ésta sobrepasa incluso la resistencia original del hueso al aumentar el número de corticales utilizadas.³³ Asimismo, se ha propuesto que el micromovimiento interfragmentario o el aumento de las solicitudes puede disminuir la desfuncionalización e influir en el patrón de consolidación del hueso cortical con implantes que pueden ofrecer la ventaja biomecánica de una flexibilidad, aumentada con la ventaja biológica de consolidación ósea primaria y secundaria.^{1,31,34} La técnica MIPPO (minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis) menciona que el fijador interno presenta un área de contacto mínima con el hueso sin daño adicional a su vascularidad y que no es necesario adosarlo al mismo para compensar las diferencias de forma entre el hueso y el cuerpo del fijador, por tanto puede ser insertado a través de una incisión pequeña remota al sitio de fractura con aplicación ciega de los tornillos autoterrajantes autobloqueantes que serán preferentemente unicorticales (*Figura 4*).^{1,23,35}

Cabe mencionar los principios de la AO para el manejo de las fracturas hoy día:³⁶ 1) Reducción y fijación de la fractura para restaurar las relaciones anatómicas, permitiendo un postoperatorio funcional; 2) adecuada estabilidad mediante compresión interfragmentaria o inmovilización según requiera el tipo de fractura; 3) preservación del aporte sanguíneo a los tejidos blandos mediante manipulación cuidadosa y maniobras gentiles de reducción; 4) movilización temprana y segura de la parte lesionada y del paciente como un todo. Según las doctrinas clásicas el resultado funcional depende de la reducción anatómica del

radio y el cúbito, con secuelas asociadas a consolidaciones viciosas rotacionales o angulares,^{3,9} sin embargo, las nuevas tendencias postulan las ventajas de una selección adecuada de las prioridades mecánicas y biológicas de acuerdo a cada situación individual,¹ haciendo de los nuevos implantes una herramienta útil en el manejo de las fracturas diafisarias de los huesos del antebrazo.²⁹ Estudios dinamométricos han demostrado el efecto benéfico de la movilización temprana en los resultados funcionales de los pacientes postoperados mediante colocación de este tipo de implantes.^{7,37} A pesar de que algunos autores recomiendan la aplicación de injerto óseo en fracturas comminutas del antebrazo,^{38,39} estudios más recientes sugieren que su uso rutinario no está indicado^{40,41} excepto en casos de pérdida ósea, falta de reducción anatómica o de compresión interfragmentaria.^{9,41,42}

Podemos ver que los avances en los últimos años han preconizado el uso de implantes que proveen una estabilidad relativa al trazo de fractura mediante una cirugía de mínima invasión con mayor respecto de los tejidos blandos circundantes, sin embargo esto en nuestro medio no ha contado con el auge esperado dados los mayores costos que esto representa. Al ser la mayoría de los pacientes que acuden a los Servicios de Salud del Distrito Federal de sustento socioeconómico bajo, se hace evidente la necesidad de contar con un estudio que evalúe las diferencias clínicas y funcionales en los pacientes tratados con este tipo de implantes alentésicos.

La consolidación ósea se evalúa mediante los criterios de Anderson *et al.*^{4,5} que define consolidación como la sanación de la fractura dentro de los seis meses posteriores a la lesión,⁴ retardo en la consolidación como sanación de la fractura en un tiempo mayor a seis meses posteriores a la lesión sin necesidad de procedimientos quirúrgicos adicionales⁴ y seudoartrosis (no unión) como una fractura que no sana en el período mencionado o requiere un procedimiento quirúrgico adicional para consolidar.⁴ En el caso del antebrazo se cuenta con la clasificación funcional de Grace y Eversmann,^{7,43} la cual se basa en la presencia o ausencia de consolidación y la movilidad en pronosupinación cuantificada con el codo a 90° de flexión, fijando como valores normales la pronación de 80° y la supinación de 90°.

Material y métodos

Estudio realizado en el Hospital General Balbuena, de la Secretaría de Salud del Distrito Federal, de Septiembre de 2004 a Febrero de 2007, con diseño cuasi-experimental, observacional, longitudinal, comparativo y prospectivo. Se incluyó a todos los pacientes adultos, sexo indistinto, que ingresaron con diagnóstico de fractura diafisaria de radio y/o cúbito, cerradas o expuestas grados I y II, candidatos a tratamiento quirúrgico previa carta de Consentimiento Informado del Paciente, realizando colocación de placas DCP o LCP asignadas de manera aleatoria median-

te muestreo probabilístico en el período del 01 de Septiembre del 2004 al 28 de Febrero del 2005. Se excluyó a los pacientes que no aceptaron tratamiento quirúrgico de la patología mencionada, y pacientes con fracturas expuestas grado III de la clasificación de Gustilo. Se eliminaron del estudio los pacientes con fracturas diafisarias de los huesos del antebrazo estabilizadas con un implante distinto a las placas DCP o LCP y los pacientes que no acudieron a sus citas de seguimiento. Las fracturas expuestas se registraron de acuerdo a la clasificación de Gustilo-Anderson.^{44,45} Los implantes utilizados fueron placa de compresión dinámica (DCP) y placa de compresión aceranjada (LCP) fabricadas por Synthes^{MR} (*Figura 5*) y aprobadas para su utilización por ingeniería biomédica según la Norma Oficial Mexicana vigente (NOM 153 SSA-1, 1996).

La fijación interna fue realizada dentro de los primeros diez días de la lesión en todos los casos. La técnica quirúrgica ha sido bien descrita tanto para la DCP^{4,5,9} como para la LCP.^{23,36} Las DCP se colocaron subperiósticamente tomando un mínimo de 6 ó 7 corticales a cada lado de la fractura con tornillos convencionales de cortical allen 3.5 mm. Las LCP fueron colocadas extraperiósticamente mediante abordajes limitados sin involucrar el trazo de fractura, lo cual requirió implantes de mayor longitud a la de las placas convencionales y el apoyo imagenológico transquirúrgico, colocando a cada lado del trazo de fractura 2 ó 3 tornillos uni o bicorticales en orificios autobloqueantes; no se contó con tornillos autoperforantes unicorticales para la realización de este estudio. Se insistió en la movilización temprana domiciliaria de la extremidad posterior al evento quirúrgico.

Se evaluó clínica y radiográficamente a cada paciente al mes, 3 y 6 meses, y 2 años de postoperatorio recolectando datos en un formato con la descripción de las variables. La consolidación se determinó radiográficamente en las citas subsecuentes mediante proyecciones anteroposterior y lateral en todos los casos. La consolidación radiográfica fue determinada mediante los criterios de Anderson (presencia de trabeculación a través del sitio de fractura o callus óseo en el mismo),^{4,5} asimismo se utilizó la clasificación funcional de Grace y Eversmann^{7,43} para estatificar los resultados funcionales en excelentes, buenos, aceptables o inaceptables. Se realizó análisis comparativo obteniendo porcentajes y frecuencias, utilizando como prueba estadística la χ^2 (chi cuadrada).

Resultados

Se evaluaron 33 pacientes con diagnóstico de fractura diafisaria de radio y/o cúbito que cumplieron con los criterios de inclusión, predominantemente de sexo masculino (88%, 29 pacientes) dando una relación 7.3:1 respecto al sexo femenino (12%, 4 pacientes) (*Gráfica 1*). Las edades de presentación más frecuentes se ubicaron en la 3^a década de la vida, obteniéndose la siguien-

Tabla 1. Resultados al mes, 3 y 6 meses, y a los 2 años de los pacientes postoperatorios con implante tipo DCP, de acuerdo a la clasificación de Grace y Eversmann (Fuente: Instrumento de recolección de datos).

Grupo DCP	1 mes	3 meses	6 meses	2 años
Resultados				
Excelentes	13 (59%)	17 (77.3%)	19 (86.3%)	21 (95.5%)
Buenos	6 (27.3%)	4 (18.2%)	3 (13.7%)	1 (4.5%)
Aceptables	3 (13.7%)	1 (4.5%)	0 (0%)	0 (0%)
Inaceptables	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

Tabla 2. Resultados al mes, 3 y 6 meses, y a los 2 años de los pacientes postoperatorios con implante tipo LCP, de acuerdo a la clasificación de Grace y Eversmann (Fuente: Instrumento de recolección de datos).

Grupo LCP	1 mes	3 meses	6 meses	2 años
Resultados				
Excelentes	2 (18.2%)	7 (63.6%)	10 (89.9%)	11 (100%)
Buenos	3 (27.3%)	1 (9.1%)	1 (9.1%)	0 (0%)
Aceptables	5 (45.4%)	2 (18.2%)	0 (0%)	0 (0%)
Inaceptables	1 (9.1%)	1 (9.1%)	0 (0%)	0 (0%)

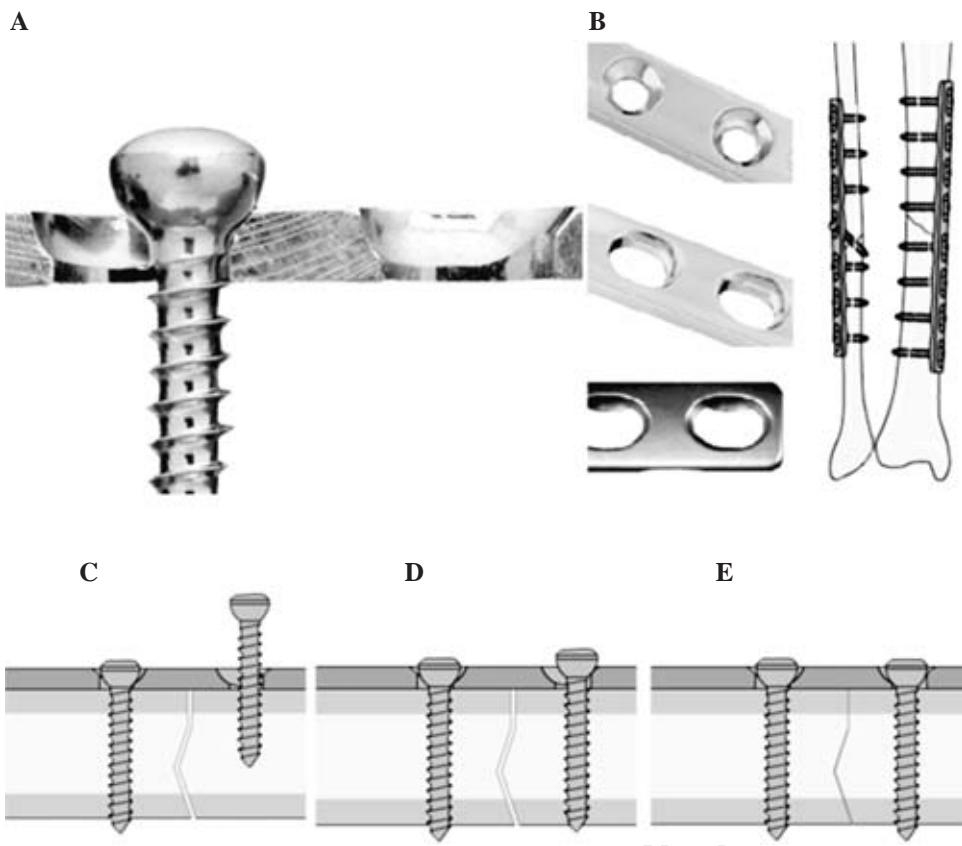


Figura 1. El uso de las placas de compresión convencionales. A) La unidad de compresión dinámica (DCU, *dynamic compression unit*). B) Reducción anatómica y estabilización rígida de los huesos del antebrazo. C, D y E) Secuencia en la que se observa la compresión en el trazo de fractura gracias a la disposición de los orificios de la placa. (Fuente: Perren SM: Evolution of the internal fixation of long bone fractures. *J Bone Joint Surg* 84 (B), 2002).

te distribución: la segunda 12% (4 pacientes), la tercera 49% (16 pacientes), la cuarta 24% (8 pacientes), la quinta 9% (3 pacientes), el apartado de 51 a 65 años 6% (2 pacientes) y mayores de 65 años 0% (ningún paciente), con un promedio de edad de 29.3 años. El lado afectado se presentó de la siguiente forma: derecho 73% (24 pacientes) y el antebrazo izquierdo 27% (9 pacientes). Los pacientes intervenidos presentaron fractura de radio

y cúbito fueron 23 (70%), únicamente radio 6 (18%), únicamente cúbito 4 (12%).

El tipo de cirugía realizada e implante utilizado fue DCP mediante abordaje abierto clásico 66.6% (22 pacientes) y LCP mediante cirugía de mínima invasión 33.3% (11 pacientes). Se observaron indicios de consolidación ósea en los pacientes del grupo DCP al mes de postoperatorio en 32% (7 pacientes), a los 3 meses en

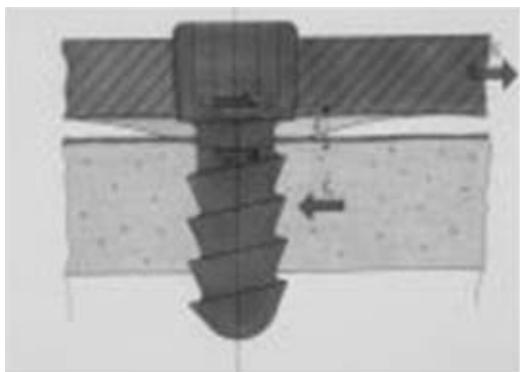
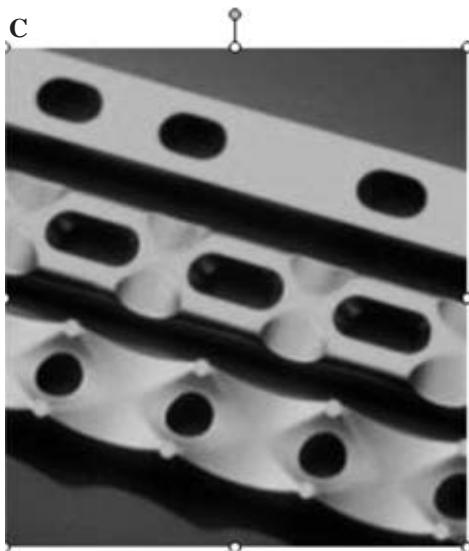
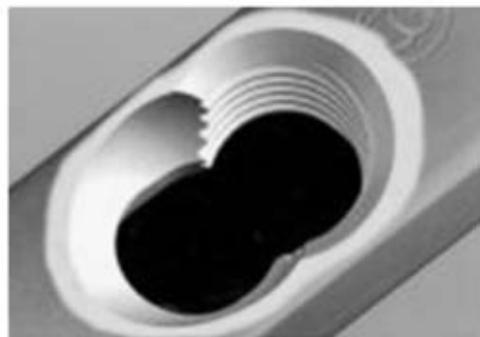
A**B****C****D**

Figura 2. Principio del tornillo autobloqueado y del orificio combinado del sistema LCP. A y B) Tornillo autobloqueado que transmite la carga directa de una sola cortical al implante. C) Disminución del contacto implante-hueso de acuerdo a la configuración de los orificios de la placa. (Fuente: Perren SM: Evolution of the internal fixation of long bone fractures. *J Bone Joint Surg* 84 (B), 2002).

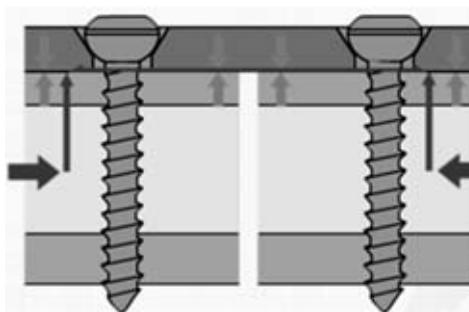
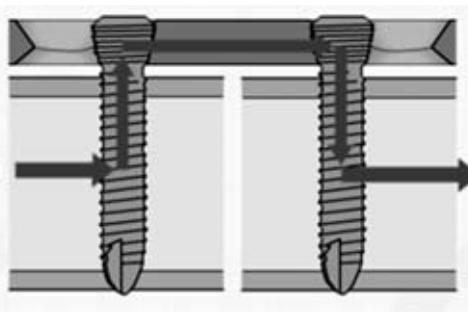
A**B**

Figura 3. A) Transmisión de carga entre fragmentos óseos con la placa convencional adosada a presión contra la cortical ósea. B) Transmisión de la carga tornillo-placa-tornillo gracias a los orificios de autobloqueo (Fuente: Rüedi TP, Perren SM, Frigg R, Frenk A: Locking Compression Plate. *AO Teaching Series* ed by Wagner M, Switzerland, 2002).

82% (18 pacientes) y 100% (22 pacientes) se encontraban consolidados a los 6 meses. En los pacientes intervenidos con LCP hubo datos radiográficos de consolidación incipiente al mes de postoperatorio en 45% (5 pacientes), a los 3 meses en 82% (9 pacientes) y también 100% (11 pacientes) se encontraron consolidados a los 6 meses. Cien por ciento de ambos grupos presentó consolidación completa de las fracturas a los 2 años de seguimiento (*Figura 6*).

La movilidad en pronosupinación cuantificada al mes en los pacientes del grupo DCP fue > 90% en 13 de ellos

(59%), 80-90% en 6 (27.3%) y 60-79% en 3 (13.7%); a los 3 meses > 90% en 17 pacientes (77.3%), 80-90% en 4 (18.2%) y 60-79% en 1 paciente (4.5%). A los 6 meses se encontró movilidad > 90% en 19 pacientes (86.4%) y 80-90% en 3 (13.6%). La evaluación a los 2 años reportó movilidad > 90% en 21 pacientes (95.5%) y 80-90% en 1 (4.5% del grupo).

Asimismo, la pronosupinación al mes en los pacientes del grupo LCP fue > 90% en 2 (18.2%), 80-90% en 3 (27.3%), 60-79% en 5 (45.4%) y < 60% en 1 paciente (9.1%); a los 3 meses > 90% en 7 pacientes (63.6%),

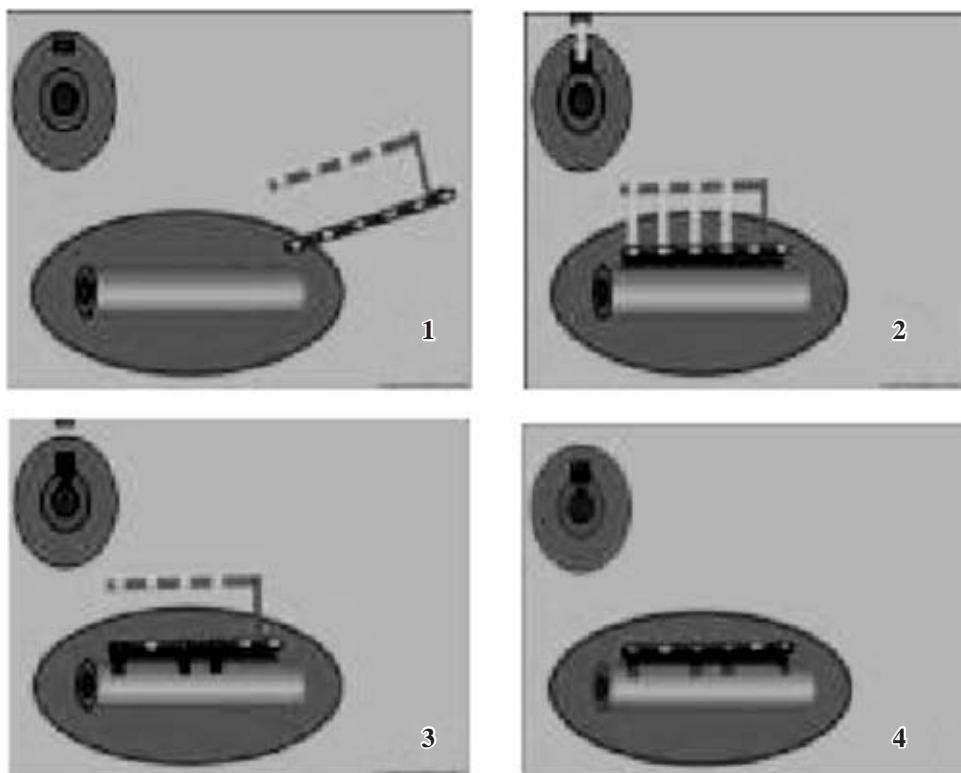


Figura 4. Osteosíntesis mínimamente invasiva percutánea con placa (MIPPO, Minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis) inserción del implante con sistema (Fuente: Perren SM: Evolution of the internal fixation of long bone fractures. *J Bone Joint Surg* 84 (B), 2002).

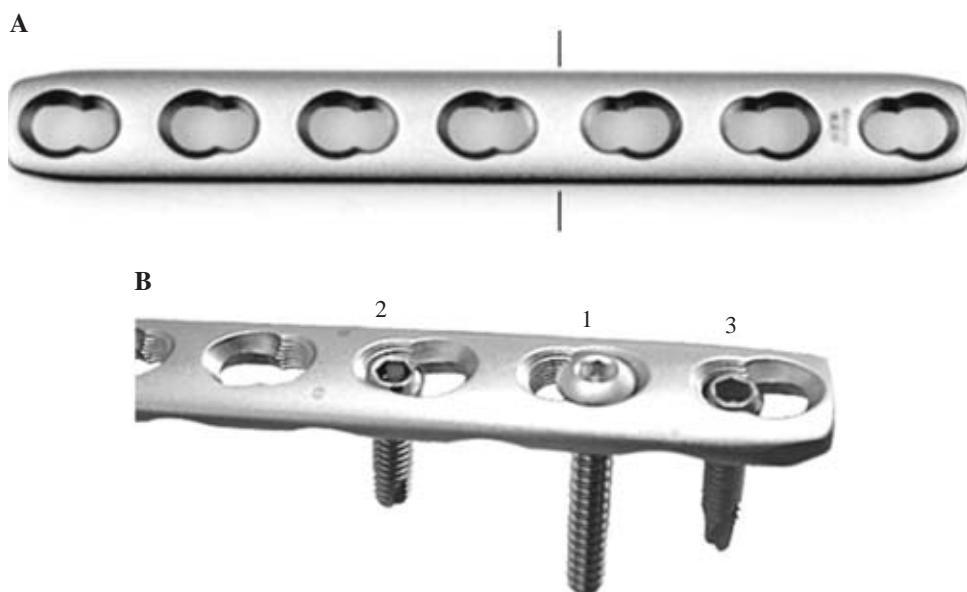


Figura 5. A) Vista superior implante LCP 7 orificios (nótese el centro de la placa y el orificio combinado). B) Tipos de tornillos que pueden colocarse en el implante LCP: 1) Convencionales en orificio oblongo, 2) Uni o bicorticales autobloqueados, y 3) Uni-corticales autoperforantes autobloqueados (Fuente: Rüedi TP, Perren SM, Frigg R, Frenk A: Locking Compression Plate. *AO Teaching Series* ed by Wagner M, Switzerland, 2002).

80-90% en 1 (9.1%), 60-79% en 2 pacientes (18.2%) y < 60% en 1 paciente (9.1%). A los 6 meses hubo movilidad > 90% en 10 pacientes (89.9%) y del 60-79% en 1 (9.1%). Finalmente a los 2 años la movilidad fue > 90% en los 11 pacientes del grupo (100%) (*Tablas 1 y 2*).

Se realizó prueba estadística de χ^2 con un resultado de 0.04417 al comparar los grupos a los 6 meses y aun menor (0.01637) a los 2 años ($p = 0.05$), demostrando no haber diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de ambos.

Discusión

Se encontró un predominio del sexo masculino en nuestros pacientes en estudio de 7.3:1 sobre el femenino, esto asociado a los mecanismos de lesión más frecuentes para esta patología que son los accidentes ya sea automovilísticos, en el deporte o lesiones laborales. El lado más afectado fue el derecho en 73% de los casos, asociado presumiblemente a la extremidad dominante, así como la edad de presentación correspondiente a la 3^a y 4^a décadas de la

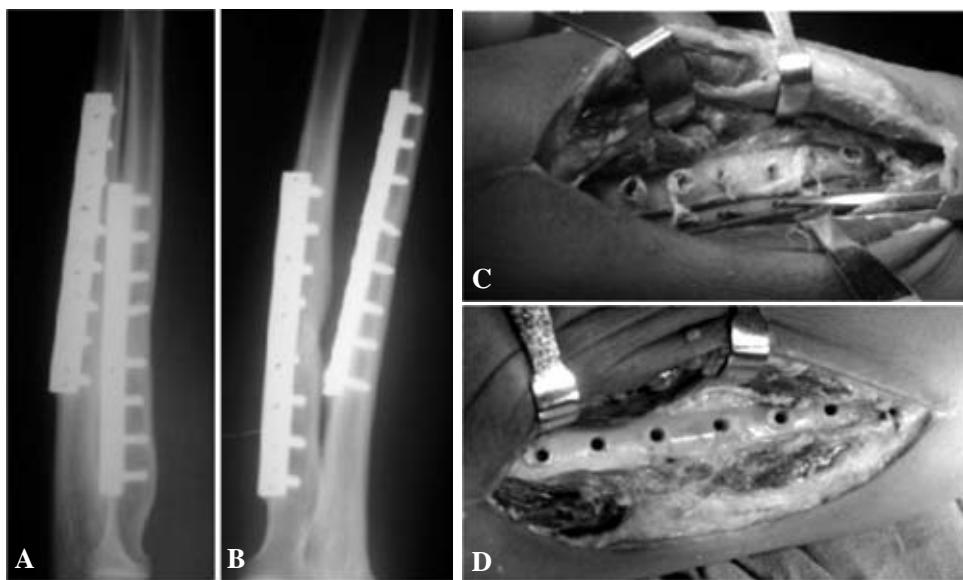
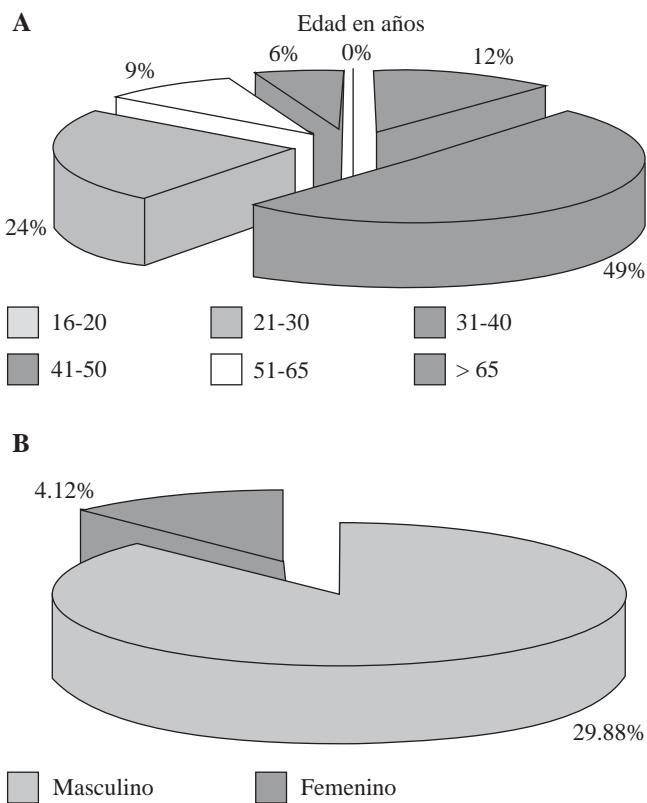


Figura 6. Imágenes de evolución a 2 años de un paciente masculino de 27 años postoperatorio con placas DCP radio y cúbito: A y B) Proyecciones radiográficas mostrando consolidación completa. C) Aspecto de la diáfisis radial al momento de retiro del implante. D) Aspecto de la diáfisis cubital posterior a retiro de placa y escarificación (Fuente: Fotos Clínicas).



Gráfica 1. Distribución de pacientes en el estudio: A) Por su edad en años, y B) Por género (Fuente: Instrumento de recolección de datos).

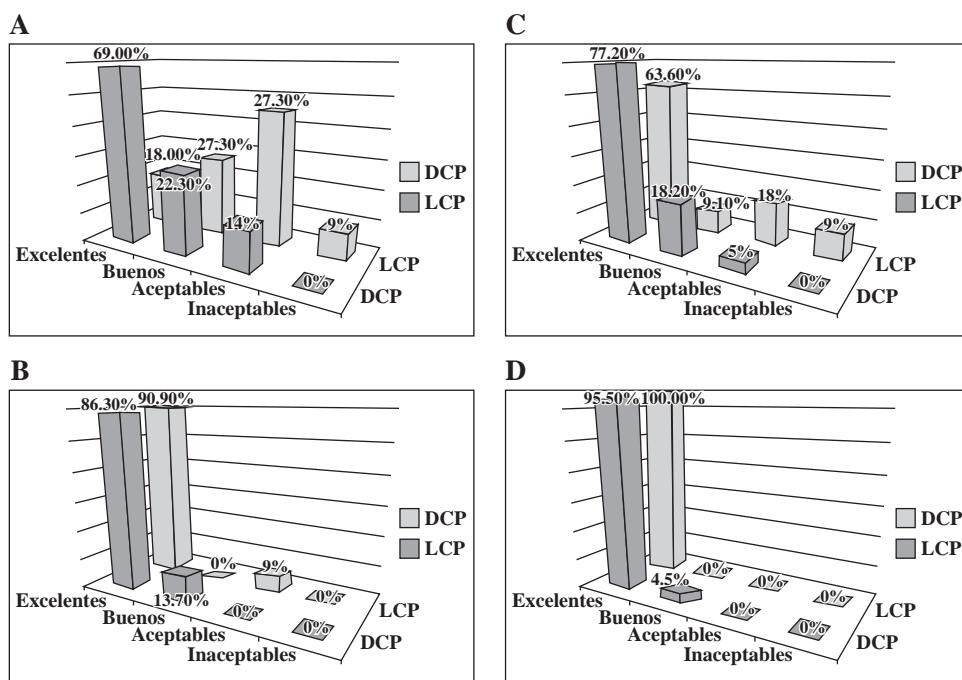
vida coincidiendo con la edad promedio de la población económicamente activa, lo cual potencializa la gravedad de esta afección respecto a la expectativa de vida saludable y funcional.

En cuanto a los resultados obtenidos al mes de postoperatorio, el grupo de pacientes con DCP presentó una

rehabilitación temprana con movilidad excelente a la primera evaluación en 59% y resultados buenos y aceptables en el resto; no siendo así en el grupo de LCP, que presentaron mayor dificultad para la movilidad, siendo apenas aceptable en 45.4% del grupo, pero con datos radiográficos más tempranos de consolidación. A los 3 meses los pacientes con DCP continuaron en mejoría, ahora ya presentando datos de consolidación en 82% y funcionalidad excelente 77.3% de los pacientes, contra una consolidación también de 82% del grupo LCP pero con funcionalidad excelente en 63.6% del grupo, atribuible a una rehabilitación más prolongada. Sin embargo, a los 6 meses ambos grupos presentaron consolidación ósea de 100%, con resultados excelentes de 86.3% en el grupo DCP y de 90.9% en el grupo LCP y a los 2 años se observaron resultados excelentes en 95.5% del grupo DCP y 100% del grupo LCP, ambos grupos presentando consolidación completa. Debemos considerar entonces el papel de la estabilidad absoluta de la DCP vs la estabilidad relativa de la LCP pero respetando los tejidos blandos, dado que esto promueve la consolidación pero retrasa de manera secundaria el inicio de la rehabilitación (*Gráfica 2*).

Conclusiones

No existen diferencias estadísticamente significativas de los resultados finales entre los procedimientos quirúrgicos con los 2 implantes mencionados atribuible a la técnica conocida y a la experiencia del tratamiento de este tipo de pacientes en nuestras unidades. Las diferencias encontradas al mes y a los 3 meses pueden ser atribuidas al tipo de estabilidad que otorgan los implantes y al tiempo de inicio de la movilización indolora. En cuanto al análisis comparativo gráfico encontramos una prevalencia de mayor puntaje de la LCP contra la DCP al mes de postope-



Gráfica 2. Comparativo de los gráficos obtenidos sobre los resultados funcionales en los períodos estudiados de los pacientes postoperatorios con DCP vs LCP : A) Primer mes, B) 3 meses, C) 6 meses y D) 2 años de evolución postquirúrgica (Fuente: Instrumento de recolección de datos).

torio en cuanto a datos tempranos de consolidación ósea, pero con mayor dificultad para la rehabilitación, que al mes fue mejor en los pacientes con DCP. A los 3 meses esta diferencia se minimizó siendo estadísticamente no significativa a los 6 meses y a los 2 años de evaluación.

Con base en lo anterior concluimos que la utilización de placas DCP continúa siendo una buena opción para la estabilización de fracturas de los huesos del antebrazo, sin embargo la presencia de resultados excelentes de los pacientes con LCP hace de este implante una alternativa con resultados similares con la ventaja de la mínima invasión, siendo necesario el énfasis en la rehabilitación temprana de este grupo de pacientes.

Bibliografía

- Perren SM: Evolution of the internal fixation of long bone fractures. The scientific basis of biological internal fixation: choosing a new balance between stability and biology. *J Bone Joint Surg (Br)* 2002; 84B: 1093-1110.
- Perren SM, Russonberger M, Steinmann S, et al: The dynamic compression plate. *Act Orthop Scand* 1969; 31(Suppl 125): 31-41.
- Anderson LD, Meyer FN: Fractures of the shafts of the radius and ulna. In: Rockwood and Green's Fractures in adults, ed by Rockwood CA, Green DP, Bucholz RW. Philadelphia, JB Lippincott, 1991: 679-737.
- Anderson LD, Sisk TD, Tooms RD, Park WI III: Compression-plate fixation in acute diaphyseal fractures of radius and ulna. *J Bone Joint Surg (Am)* 1975; 57: 287-97.
- Chapman MW, Gordon JE, Zissimos AG: Compression-plate fixation of acute fractures of the diaphysis of the radius and ulna. *J Bone Joint Surg (Am)* 1989; 71: 159-69.
- Dodge HS, Cady GW: Treatment of fractures of the radius and ulna with compression plates. *J Bone Joint Surg (Am)* 1972; 54: 1167-76.
- Grace TG, Eversmann WW Jr: Forearm fractures: treatment by rigid fixation and early motion. *J Bone Joint Surg (Am)* 1980; 62(3): 433-8.
- Kellam JF, Jupiter JB: Diaphyseal fractures of the forearm. In: Skeletal Trauma; Fractures, Dislocations, and Ligamentous Injuries, ed by Browner BD, Jupiter JB, Levine AM, Trafton PG. Philadelphia, WB Saunders, 1992: 1095-1124.
- Moed BR, Kellam JF, Foster RJ, Tile M, Hansen ST: Immediate internal fixation of open fractures of the diaphysis on the forearm. *J Bone Joint Surg (Am)* 1986; 68: 1008-17.
- Hertel R, Pisan M, Lambert S, Ballmer FT: Plate osteosynthesis of diaphyseal fractures of the radius and ulna. *Injury* 1996; 27(8): 545-8.
- Field JR, Hearn TC, Caldwell CB: The influence of screw torque, object radius of curvature, mode of bone plate application and bone plate design on bone-plate interface mechanics. *Injury* 1998; 29(3): 233-41.
- Perren SM, Klaue K, Pohler O, et al: The limited contact dynamic compression plate (LC-DCP). *Arch Orthop Trauma Surg* 1990; 109: 304.
- Jacobs RR, Rahn BA, Perren SM: Effects of plates on cortical bone perfusion. *J Trauma* 1981; 21: 910.
- Luethi U, Dueland T, Rahn BA: Relationship between plate-bone contact area and blood supply in internal fixation. *J Biomech* 1980; 13: 779.
- Swiontkowski MF, Senft D, Taylor S, et al: Plate design has an effect on cortical bone perfusion. *Trans Orthop Res Soc* 1991; 15:.
- Lobo LJ, Shekhan M, Mishra S, et al: Effect of cortical contact area on biomechanical properties of LC-DCP plates for fixation of transverse fractures. In: Proceedings of the 68th AAOS 2001: 339.
- Schatzker J. Changes in the AO/ASIF principles and methods. *Injury* 1995; 26(Suppl 2): SB51-56.
- Ganz R, Mast J, Weber BG, et al: Clinical aspects of «biological» plating. *Injury* 1991; 22: 4-5.
- Leunig M, Hertel R, Siebenrock KA, et al: The evolution of indirect reduction techniques for the treatment of fractures. *Clin Orthop* 2000; 375: 7-14.

20. Field JR, Edmonds-Wilson R, Stanley RM: An evaluation of interface contact profiles in two low contact bone plates. *Injury* 2004; 35: 551-6.
21. Perren SM, Buchanan JS: Basics concepts relevant to the design and development of the point-contact fixator (PC-Fix). *Injury* 1995; 26(Suppl 2) SB1-4.
22. Miclau T, Remiger A, Tepic S, et al: A mechanical comparison of the dynamic compression plate, limited contact-dynamic compression plate and the point-contact fixator. *J Orthop Res* 1995; 9: 170.
23. Frigg R: Locking Compression Plate (LCP): an osteosynthesis plate based on the dynamic compression plate and the point-contact fixator (PC-Fix). *Injury* 2001; 32: SB63-66.
24. Klaue K: Principles of plate and screw osteosynthesis. In: Oxford Textbook of Orthopaedics and Trauma, ed by Bulstrode C, Buckwalter J, Carr A, Oxford University Press, 2002: 1697-1710.
25. Baumgaertel F, Buhl M, Rahn BA: Fracture healing in biological plate osteosynthesis. *Injury* 1998; 29: C3-6.
26. Fernandez Dell'Oca AA, Tepic S, Frigg R, et al: Treating forearm fractures using an internal fixator: a prospective study. *Clin Orthop* 2001; 389: 196-205.
27. Leung F, Chow SP: A prospective, randomized trial comparing the limited contact dynamic compression plate with the point contact fixator for forearm fractures. *J Bone Joint Surg (Am)* 2003; 85(12): 2343-8.
28. Tepic S, Perren SM: The biomechanics of the PC-Fix internal fixator. *Injury* 1995; 26(Suppl 2): SB5-10.
29. Alexander AH, Cabaud HE, Johnston JO, Lichtman DM: Compression plate position: extraperiosteal or subperiosteal? *Clin Orthop* 1983; 175: 280-5.
30. Müller ME, Allgöwer M, Schneider R, et al: Manual of Internal Fixation. Techniques Recommended by the AO Group. 3rd ed Berlin, Springer-Verlag, 1991.
31. Sanders R, Haidukewych GJ, Milne T, Dennis J, Latta LL: Minimal versus maximal plate fixation of the ulna: the biomechanical effect of number of screws and plate length. *JOT* 2002; 16(3): 166-71.
32. Tornkvist H, Hearn TC, Schatzker J: The strength of plate fixation in relation to the number and spacing of bone screws. *J Orthop Trauma* 1996; 10: 204-8.
33. Gustilo RB, Anderson JT: Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones. Retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg (Am)* 1976; 58: 453-8.
34. Woo SLY, Lothringer KS, Akeson WH: Less rigid internal fixation plates: historical perspectives and new concepts. *J Orthop Res* 1984; 1: 431-49.
35. Krettek C: Foreword: concepts of minimally invasive plate osteosynthesis. *Injury* 1997; 28: A1-2.
36. Rüedi TP, Perren SM, Frigg R, Frenk A: Locking Compression Plate. AO Teaching Series ed by Wagner M, Switzerland, 2002.
37. Solanki PV, Mulgaonkar KP, Rao SA: Effect of early mobilization on grip strength, pinch strength and work of hand muscles in cases of closed diaphyseal fracture radius-ulna treated with dynamic compression plating. *J Postgrad Med* 2000; 46: 84-7.
38. Langkamer VG, Ackroyd CE: Internal fixation of forearm fractures in the 1980s: lessons to be learnt. *Injury* 1991; 22: 97-102.
39. Ross ERS, Gourevitch D, Hastings GW, Wynn-Jones CE, Ali S: Retrospective analysis of plate fixation of diaphyseal fractures of the forearm bones. *Injury* 1989; 20: 211-4.
40. Wright RR, Schmeling GJ, Schwab JP: The necessity of acute bone grafting in diaphyseal forearm fractures: a retrospective review. *JOT* 1997; 11(4): 288-94.
41. Burwell HN, Charnley AD: Treatment of forearm fractures in adults with particular reference to plate fixation. *J Bone Joint Surg (Br)* 1964; 46: 404-25.
42. Hadden WA, Reschauer R, Seggl W: Results of AO plate fixation of forearm shaft fractures in adults. *Injury* 1985; 15: 44-52.
43. Gómez AOA, Bocanegra SN, Suárez FR: Fracturas abiertas diafisarias de antebrazo por armas de guerra: Osteosíntesis por abordaje limitado. *Rev Col Ort Traum* 2001; 15(1):
44. Gustilo RB, Anderson JT: Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones. Retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg (Am)* 1976; 58: 453-8.
45. Gustilo RB, Mendoza RM, Williams DN: Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures. *J Trauma* 1984; 24: 742-6.
46. Hertel R, Eijer H, Meisser A, Hauke C, Perren SM: Biomechanical and biological considerations relating to the clinical use of the Point-Contact Fixator. Evaluation of the device handling test in the treatment of diaphyseal fractures of the radius and/or ulna. *Injury* 2001; 32(Suppl 2): SB10-14.