

# Fracturas del platillo tibial con hundimiento articular. Comparación entre reconstrucción con injertos óseos y sustitutos sintéticos. Revisión bibliográfica sistematizada

Depressed tibial-plateau fractures, a comparison between bone graft reconstruction and synthetic substitutes. Systematic bibliographic review

Fraturas do platô tibial com afundamento da articulação: comparação entre reconstrução com enxerto ósseo e substitutos sintéticos

Renzo Fernández<sup>1</sup>, Juan Del Castillo<sup>2</sup>

## Resumen

**Objetivo:** comparar si existe diferencia en resultados clínicos, radiológicos y funcionales con el uso de diferentes tipos de injertos óseos o sustitutos sintéticos, así como tiempo quirúrgico y consolidación para el tratamiento de fracturas de platillo tibial con hundimiento articular en pacientes mayores de 18 años.

**Material y método:** se realizó una búsqueda sistematizada en bases de datos de literatura médica, PubMed, Lilacs, Scielo, Cochrane y portal Timbó. Se utilizaron términos “tibial plateau fracture”, “bone grafting”, “bone substitutes”. Se incluyeron estudios comparativos en seres humanos, pacientes mayores de 18 años, fracturas de platillo tibial que asociaron hundimiento articular, en los cuales se realizó aporte de injerto óseo o material sintético. Artículos en español, inglés, portugués. Publicaciones enero 1980 y diciembre 2021. Se obtuvieron 10 artículos.

**Resultados:** los tipos de injertos y sustitutos óseos encontrados fueron 10. Las muestras en sumatoria total 524 pacientes. La edad promedio fue 49 años. El promedio de seguimiento fue de 12 meses. Se dividieron los estudios en tres grupos: comparación entre injerto autólogo (IOA) e injerto alogénico, IOA con sustitutos sintéticos, y los que comparan sustitutos sintéticos entre sí. El aloinjerto y los sustitutos sintéticos demostraron no ser inferiores en resultados clínicos, funcionales e imagenológicos, mejorando los tiempos intraoperatorios y disminuyendo complicaciones en el sitio donante con respecto al IOA.

**Conclusiones:** el IOA continúa siendo el *gold standard* a pesar de sus posibles complicaciones vinculadas al sitio donante. El aloinjerto y los sustitutos sintéticos representan una opción válida para tratar estas lesiones.

**Palabras clave:** Fracturas de platillo tibial  
Hundimiento  
Injertos óseos  
Sustitutos óseos

**Key words:** Tibial plateau fractures  
Sinking  
Bone grafts  
Bone substitutes

1. Doctor en Medicina. Residente Clínica de Traumatología y Ortopedia, Facultad de Medicina, UDELAR.

2. Doctor en Medicina. Asistente Clínica de Traumatología y Ortopedia, Facultad de Medicina, UDELAR.

Correspondencia: Dr. Renzo Fernández. Correo electrónico: renzof.surkov@gmail.com

Este trabajo no ha recibido ayudas ni fuentes de financiación económicas.

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Recibido: 20/7/22

Aprobado: 13/2/2023

## Introducción

Las fracturas proximales de la tibia afectan a una articulación de carga, son lesiones graves que frecuentemente derivan en limitaciones funcionales. Para preservar la función normal de la rodilla el ortopedista debe esforzarse por mantener la congruencia articular, conservar el eje mecánico normal, asegurar la estabilidad articular y recuperar así la amplitud completa de movimiento<sup>(1)</sup>.

Según Hohl, las fracturas de platillo tibial (FPT) representan el 1% de todas las fracturas y el 8% de las fracturas en el anciano. Las FPT abarcan un amplio conjunto de lesiones, con distintos grados de severidad en hundimiento y desplazamiento articular<sup>(2)</sup>.

Las FPT con hundimiento articular son lesiones de alta energía que se producen por una fuerza en valgo o en varo combinadas a una sobrecarga axial, en la cual el cóndilo femoral ejerce una fuerza de cizallamiento y compresiva sobre el platillo tibial subyacente. Con la edad, la resistencia del hueso esponjoso de la tibia proximal disminuye, siendo incapaz de soportar la carga axial, produciéndose así los hundimientos articulares<sup>(3)</sup>.

El grado de hundimiento del platillo tibial se puede clasificar siguiendo los criterios de De Coster: sin hundimiento grado 1, menor de 2 mm grado 2, entre 2 y 5 mm grado 3 y mayor a 5 mm grado 4<sup>(4,5)</sup>.

Un hundimiento intraarticular mayor a 2 mm supone un riesgo aumentado para el desarrollo de osteoartritis y dolor crónico de rodilla, siendo el objetivo de la cirugía restablecer y mantener la depresión de la superficie articular, debiendo rellenar la impactación de hueso metafisario<sup>(6,7)</sup>.

Actualmente existen en el mercado diferentes tipos de injertos estructurales para cumplir este objetivo. Los injertos se pueden dividir en biológicos, (subdividiéndose en autoinjerto, aloinjerto), y no biológicos (también llamados sustitutos sintéticos): metales porosos, vidrios bioactivos, cerámicas, polímeros sintéticos<sup>(8)</sup>.

La pregunta de investigación surge debido a que en ateneos postoperatorios de nuestra clínica universitaria hemos percibido que la conducta adoptada por los cirujanos ortopedistas en ocasiones no sigue un criterio único, optándose por diferentes tipos de injerto o sustitutos óseos para la reconstrucción de hundimientos.

## Objetivos

### Objetivo principal

Realizar una revisión sistemática de la literatura para evaluar si existe diferencia en los resultados clínicos, radiológicos y funcionales con el uso de diferentes tipos de injertos óseos o sustitutos sintéticos, así como tiempo quirúrgico y de consolidación en el tratamiento de fracturas de platillo tibial con hundimiento articular en pacientes mayores de 18 años.

### Objetivo secundario

Generar recomendaciones e indicaciones a partir de los resultados de este estudio que sean aplicables a nuestro medio, para elaborar un protocolo de tratamiento en el Instituto Nacional de Ortopedia y Traumatología (INOT).

## Materiales y metodo

### Estrategia de búsqueda

Se realizó una búsqueda sistematizada entre octubre y diciembre de 2021 en diferentes bases de datos de literatura médica disponibles: Medline interfase PubMed, Lilacs, Scielo, Cochrane y portal Timbó.

Se utilizaron los siguientes términos descriptores de búsqueda para las plataformas correspondientes: “tibial plateau fracture”, “bone grafting”, “bone substitutes” y los operadores booleanos AND. En portal timbó se utilizaron los mismos términos pero adaptados al lenguaje español: “fractura de platillo tibial”, “injerto óseo”, “sustitutos óseos”.

### Criterios de inclusión

- Pacientes mayores de 18 años, sin límite de edad superior.
- Fracturas de platillo tibial externo o interno que asociaron hundimiento articular, en las que se realizó reducción abierta o artroscópica, con fijación interna y aporte de injerto óseo o material sintético en el tratamiento.
- Artículos publicados en lenguaje español, inglés, portugués.
- Publicaciones enero 1980–diciembre 2021.
- Estudios realizados en seres humanos.
- Estudios comparativos entre tipos de injertos.

### Criterios de exclusión

- Artículos publicados en otros idiomas.
- Publicaciones fuera de las fechas estipuladas.
- Investigación en animales o preparados cadavéricos.
- Pacientes con edades menores a 18 años.
- Fracturas de platillo tibial que no asocian hundimiento articular.
- Fracturas en las que se optó por tratamiento ortopédico.
- Estudios no comparativos.

### Selección de artículos

Se utilizó el protocolo PRISMA 2020 de revisiones como guía para la selección de artículos y el correspondiente diagrama de flujo. La búsqueda fue realizada y revisada por dos investigadores de manera independiente<sup>(8)</sup>.

En el buscador PubMed se obtuvieron un total 1.786 artículos para el término MESH “TIBIAL PLA-

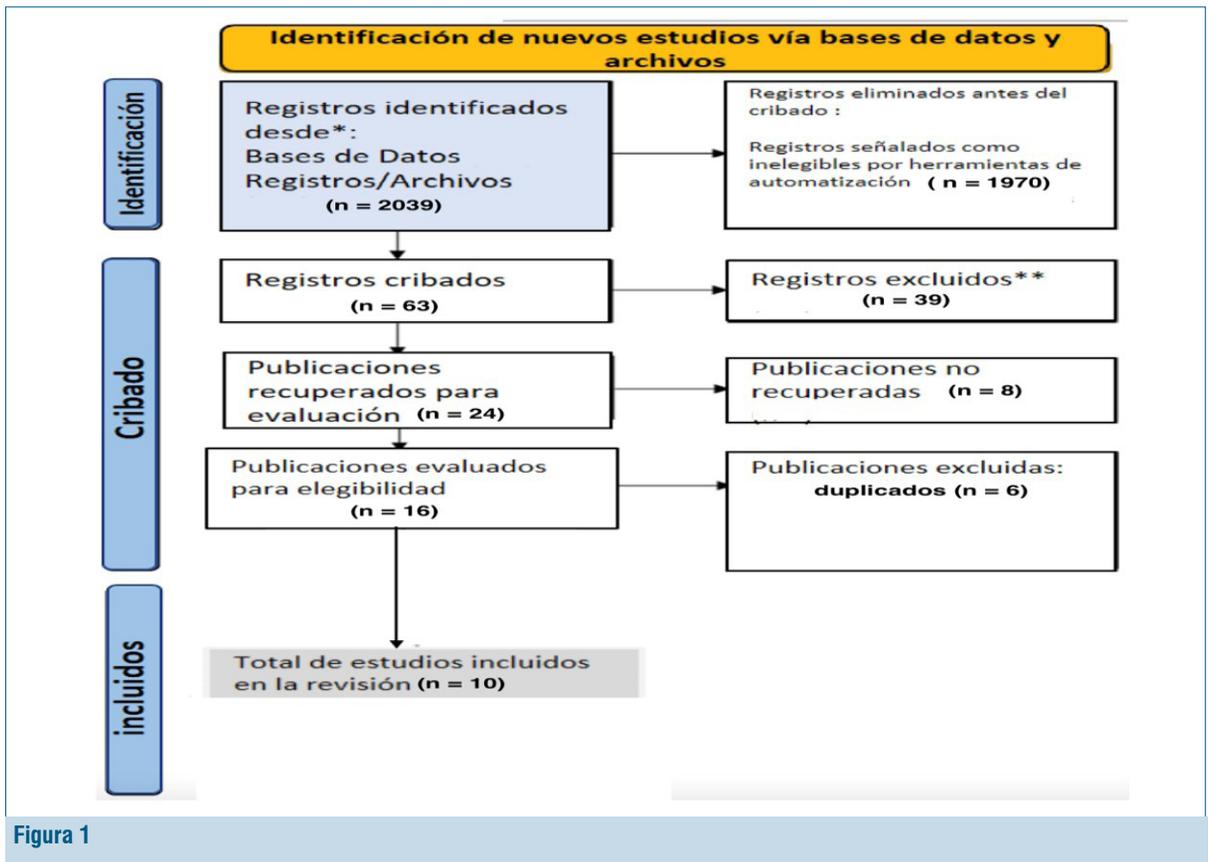


Figura 1

TEAU FRACTURES”, utilizando los términos MESH: “BONE GRAFTING”, “BONE SUBSTITUTES” y los operadores booleanos [AND], combinándose los elementos se obtuvo un total de 23 estudios, una vez aplicados los filtros de lenguaje, fecha de publicación y estudios en seres humanos, se recuperaron 15 artículos.

Para la biblioteca Cochrane con los términos MESH obtuvimos 124 artículos, de los cuales al aplicar los operadores booleanos recuperamos 16 que se mantuvieron al aplicar los filtros antes mencionados, siendo el número final 7 artículos.

En Lilacs encontramos 33 estudios con los términos MESH, aplicando operadores booleanos y filtros, tan solo se recuperó un artículo.

Para Scielo se recuperaron 27 artículos, luego de aplicados los operadores booleanos y los filtros nos quedamos con un artículo.

Finalmente, en Portal Timbó se encontraron 69 artículos, de estos ninguno fue recuperado aplicando operadores y filtros correspondientes.

La sumatoria de artículos disponibles fue de 24 para las 5 bases de datos utilizadas, 6 de ellos fueron excluidos por estar disponibles en varias bases a la vez, quedando de esta forma 18 estudios.

De los 18 se excluyeron por las características del título y *abstract* 5 artículos. Tres de ellos no fueron

posibles de recuperar, llegando al número final de 10 artículos (figura 1).

## Resultados

Los tipos de injertos y sustitutos óseos para rellenar el defecto óseo de las fracturas de tibia proximal encontrados en la revisión representaron un total de 10: autoinjerto óseo de cresta iliaca; aloinjerto corticoesponjoso frizado; betafosfato tricálcico ( $\beta$ TCP); *stem cells* mesenquimatosas/ $\beta$ TCP (MSC/ $\beta$ TCP); cemento bifásico de hidroxiapatita y sulfato cálcico; gránulos de titanio poroso; carbonato cálcico de hidroxiapatita; vidrio bioactivo S53P4; cemento endotérmico de fosfato cálcico e hidroxiapatita interporosa.

Las muestras analizadas fueron bastante heterogéneas, alcanzando una sumatoria total de 524 pacientes. El artículo con número de muestra más pequeño fue el de Perna y colaboradores<sup>(9)</sup>: 15 pacientes en total. El mayor N correspondió al estudio de Hofmann y colaboradores<sup>(10)</sup>, con un total de 135 pacientes.

La edad en años promedio fue 49 años. El estudio con menor promedio de edad es el de Bucholz y colaboradores<sup>(11)</sup>: 36,5 años. El mayor promedio de edad fue 58 años en el estudio de Perna y colaboradores<sup>(9)</sup>. Destacamos que en uno de los artículos (Simpson y colaboradores<sup>(12)</sup>) no se detalló la edad de los pacientes.

Las clasificaciones utilizadas para describir los patrones de fractura del extremo proximal de la tibia fueron Schatzker<sup>(13)</sup> en cinco casos, alfanumérica de la AO en cuatro casos, y Hohl<sup>(2)</sup> en un solo caso.

En la mayoría de los artículos el seguimiento (*follow up*) de los pacientes fue de 12 meses (cinco de ellos), el tiempo mínimo fue 6,5 meses de seguimiento para Hoffman y colaboradores<sup>(10)</sup>. Mientras que 132 semanas (11 años) representó el máximo correspondiendo a Perna y colaboradores<sup>(9)</sup>.

Vemos que los diez artículos seleccionados para la revisión fueron heterogéneos para el tipo de injerto/sustituto óseo comparado en el objetivo, la clasificación de fracturas y el tiempo de seguimiento posoperatorio (*follow up*).

Para un análisis más detallado de los resultados se dividieron en tres grupos.

1. Estudios que comparan injerto óseo autólogo vs. injerto alogénico.
2. Estudios que comparan injerto óseo autólogo con sustitutos sintéticos.
3. Estudios que comparan sustitutos sintéticos entre sí.

Para el grupo de injerto alogénico se obtuvo un artículo con nivel de evidencia I.

Para el segundo grupo se obtuvieron ocho artículos con diferentes niveles de evidencia, cuatro nivel de evidencia (NE) I, y NE III los siguientes cuatro.

En cuanto al grupo que comparó sustitutos óseos entre sí mismos se obtuvo un artículo también NE I.

Las principales características de los artículos analizados se exponen en la tabla 1.

### Estudios que comparan injerto alogénico con injerto óseo autólogo

El estudio de Bagherifard y colaboradores<sup>(14)</sup>, fue el único recuperado en este grupo.

Es un estudio retrospectivo, caso control, realizado entre 2010 y 2014 en Francia.

Incluye 81 pacientes con FPT con hundimiento, formando dos grupos: aloinjerto (AL) 58 pacientes y autoinjerto (AI) 23 pacientes. Los resultados se evaluaron clínica y funcionalmente con score de Rasmussen<sup>(15)</sup> modificado (0-20) y radiográficamente con proyecciones anteroposteriores y laterales de rodilla afectada.

Todas las fracturas consolidaron a las 13 semanas.

Funcionalmente no se encontraron diferencias estadísticamente significativas con los diferentes tipos de injerto (valor  $p=0,09$ ).

Score radiológico 15,65 AI y 15,68 AL. Tampoco hubo diferencias estadísticamente significativas (valor  $p=0,3$ ).

La tasa de complicaciones fue comparable entre grupos. La infección local fue la más encontrada, dos casos en el grupo AL y un caso en el grupo AI. La otra

complicación reportada fue el colapso articular: un caso para cada uno de los grupos.

### Estudios que comparan sustitutos óseos con injerto óseo autólogo

En este grupo se seleccionaron ocho estudios. El tipo de sustituto óseo utilizado fue diferente en varios de ellos, así como la forma de medir los resultados clínicos, imagenológicos y funcionales, por lo cual fue difícil la comparación entre ellos. La síntesis de los resultados se expone en la tabla 2.

#### Resultados clínicos

En cuatro de los artículos se midieron los rangos de movilidad como parámetro clínico y se compararon entre grupos. En tres estudios los resultados clínicos se expresaron mediante criterio subjetivo.

El artículo de Ong y colaboradores<sup>(16)</sup> fue el único que encontró diferencias estadísticamente significativas para la flexión de rodilla a favor del grupo tratado con IOA a los 6 meses, siendo el rango 3-116°, con un valor  $p$  de 0,048. La extensión no presentó diferencias. En dicho estudio se comparó carbonato de calcio de hidroxiapatita interporosa (ProOsteon®) con IOA.

En cambio Russell y colaboradores<sup>(17)</sup> reportaron una leve superioridad del rango de movimiento para la flexión  $\geq 120^\circ$  y la extensión completa en pacientes tratados con cemento de fosfato cálcico biorreabsorbible (CFCB  $\alpha$  BSM) 88%, frente a 69% y 77% para los tratados con IOA. Estos resultados no fueron estadísticamente significativos.

Comparando hidroxiapatita interporosa e IOA, Buchholz y colaboradores<sup>(11)</sup> midieron el rango de movilidad completo, informando que solamente dos pacientes (uno en cada grupo) no superaron los 90° de amplitud.

Heikiila y colaboradores<sup>(18)</sup>, además de medir el rango de movilidad, incluyen en su valoración clínica estabilidad de rodilla, test meniscales, atrofia muscular y crepitación patelar, hallando resultados similares entre los grupos estudiados con gránulos de vidrio bioactivo (VBA) S53P4 vs IOA. Por otra parte la valoración subjetiva de los pacientes tampoco mostro diferencias.

También se comparan VBA e IOA en Perna y colaboradores<sup>(9)</sup>, los resultados clínicos solamente se expresan de forma subjetiva según la opinión de los pacientes. Grupo VBA: Excelente: 1; Bueno: 3; Aceptable: 1. Grupo IOA: Excelente: AI: 0, Bueno: AI: 6; Aceptable: AI: 2; Pobre: AI: 2 Pobre: AI: 2. Debido al bajo número de pacientes las diferencias no son significativas.

El resto de los estudios no describen resultados clínicos.

#### Tiempos quirúrgicos

En tres de los cuatro artículos que miden esta variable, existe diferencia estadísticamente significativa a favor

**Tabla 1**

Autor, revista, año.	Tipo de estudio. Nivel de evidencia	Numero de pacientes.	Edad promedio (años)	Clasificación de fracturas	Tipos de injerto utilizados y comparados	Follow up (meses)
<i>Bucholz et al.</i> Clinical orthopaedic and related research, 1988 *	Retrospectivo casos y controles. NE III	40 pacientes.	36.7 años. (17-73) grupo IOA. 37.5 años (16-67) grupo HAI.	Hohl. 22 hundimiento cizallamiento lateral. 8 hundimiento cizallamiento medial. 4 hundimiento puro. 6 bicondíleas.	Hidroxiapatita interporosa (20 pacientes) vs autoinjerto de cresta iliaca (20 pacientes)	15.4 meses grupo IOA. 35.4 meses grupo HAI.
<i>Simpson et al.</i> Injury, Int. J. Care Injured. 2004 *	Retrospectivo, casos y controles. NE III	26 pacientes	No calculado	6 AO B2.2 20 AO B3.1	Cemento de fosfato calcico injectable SRS (13 pacientes) vs autoinjerto de cresta iliaca (13)	12 meses.
<i>Russell et al.</i> J Bone Joint Surg Am. 2008 *	Prospectivo, multicentrico ensayo clinico aleatorizado.	119 pacientes.	43 años.	1 Shatzker I. 52 Shatzker II. 26 Shatzker III.	Cemento endotermico de fosfato calcico Alpha BSM (82 pacientes) vs Autoinjerto Cresta iliaca (38)	12 meses.
<i>Heikiila et al.</i> J Mater Sci: Mater Med, 2011 *	Prospectivo, ensayo clinico aleatorizado. NE I	25 pacientes.	57 años (25-82) grupo VBA. 50 años. (31-82) grupo IOA.	AO 41 B2 AO 41 B3 No especifica n.	Granulos de titanio bioactivo (14 pacientes) vs Autoinjerto de cresta iliaca (11 pacientes).	12 meses.
<i>Pernaa et al.</i> Journal of Long-Term Effects of Medical Implants, 2011 *	Prospectivo, ensayo clinico aleatorizado. NE I	15 pacientes.	53 años (grupo VBA). 58 años (grupo IOA).	1 AO B2.2 8 AO B3.1 6 AO B3.3	Vidrio Bioactivo S53P4 (5 pacientes) vs Autoinjerto cresta iliaca (10 pacientes)	132 meses (11 años)
<i>Ong et al.</i> Ir J Med Sci. 2012 *	Retrospectivo, casos y controles. NE III	24 pacientes.	53 años (25-79).	Shatzker II. Shatzker III.	Carbonato calcico de hidroxiapatita ProOsteon® (14 pacientes) vs Aoinjerto/Autoinjerto Cresta iliaca (10 pacientes)	12 meses.
<i>Jonsson et al.</i> Bone & Joint J. 2015 †	Prospectivo, ensayo clinico aleatorizado. NE I	20 pacientes .	49 años (24-77).	14 Shatzker II. 6 Shatzker III.	Granulos de titanio poroso (11 pacientes) vs Autoinjerto cresta iliaca (9 pacientes)	12 meses.
<i>Bagherifard et al.</i> Eur J Orthop Surg Traumatol, 2016 *	Retrospectivo, casos y controles. NE III.	81 pacientes.	40.26 años (19-76).	76 Shatzker II. 5 Shatzker III.	Aloinjerto corticoesponjoso frizado (58 pacientes) vs Autoinjerto cresta iliaca (23 pacientes)	19.1 meses
<i>Hoffmann et al.</i> J Bone Joint Surg Am. 2019 *	Prospectivo, multicentrico, Ensayo clinico aleatorizado. NE I	135 pacientes	46.7 años. (18-66)	15 AO 41 B2.1 21 AO 41 B2.2 4 AO 41 B2.3 61 AO 41 B3.1 13 AO 41 B3.2 18 AO 41 B3.3 1 OTRO	Cemento bifasico de hidroxiapatita y sulfato calcico vs Autoinjerto de cresta iliaca	6.5 meses. (26 semanas)
<i>Chu et al.</i> Regen. Med 2019 ††	Prospectivo, ensayo clinico aleatorizado. NE I	39 pacientes.	56.1 ± 12 años grupo MSC β TCP. 57.0 ± 12 años grupo β TCP	24 Shatzker II. 10 Shatzker III. 1 Shatzker IV. 1 Shatzker V. 3 Shatzker VI.	MSC β TCP(16 pacientes) vs β TCP (solo) (23 pacientes)	18 meses.A4:G11

\* Estudios que comparan sustitutos oseos con injerto autologo.  
 † Estudios que comparan injerto alogenico con injerto autologo.  
 †† Estudios que comparan sustitutos oseos entre si mismos.

de que el uso de los sustitutos óseos disminuye los tiempos de la cirugía. Simpson y colaboradores<sup>(12)</sup> compararon cemento de fosfato cálcico inyectable (SRS): 55 min vs. IOA: 101 min, con un valor p:<0,0001. Jonsson y colaboradores<sup>(19)</sup>: gránulos de titanio poroso (GTP) 83,9 min vs IOA: 107,5 min valor p: <0,002. Heikiila y colaboradores<sup>(14)</sup> refieren un tiempo 30 minutos menor en el grupo tratado con VBA que en el grupo IOA, no realizaron cálculo estadístico sobre la variable.

Hoffman y colaboradores<sup>(10)</sup> comparando cemento bifásico de hidroxiapatita y sulfato cálcico (CVBF) 104 ± 36 min vs. IOA 112 ± 42 min (p=0,27), no encontró diferencias estadísticamente significativas.

No se evalúan tiempos quirúrgicos en el resto de los artículos.

**Consolidación**

No existieron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo con sustitutos óseos y el control en los artículos que exponen los tiempos de consolidación.

Bucholz y colaboradores<sup>(11)</sup> informan que la consolidación en el grupo tratado con hidroxiapatita fue de 2,6 meses siendo el control con IOA 2,8 meses. Estos

hallazgos son similares en tiempo a los reportados por Russell y colaboradores<sup>(17)</sup>, 3 meses para ambos grupos comparando CFCB e IOA.

Únicamente estas dos investigaciones incluyen los tiempos de consolidación en sus resultados.

**Resultados radiográficos**

En todos los artículos se estudian los resultados radiográficos generalmente al final del *follow up*, destacándose la depresión articular recidivante (DAR) como el principal parámetro cuantificado.

Los trabajos de Heikiila<sup>(18)</sup> y Pernaa y colaboradores<sup>(9)</sup> comparando VBA con IOA no encontraron diferencias estadísticamente significativas en el promedio de DAR al final de su *follow up*. Tampoco se destacan diferencias significativas en el estudio de Ong y colaboradores<sup>(16)</sup> con carbonato cálcico de hidroxiapatita (p=0,916), al igual que Hoffman y colaboradores<sup>(10)</sup> comparando cemento bifásico de hidroxiapatita, que no reportan diferencias.

Por su parte Bucholz y colaboradores<sup>(11)</sup> reportan un promedio menor de DAR en su artículo con hidroxi-

Tabla 2.

Autor	Tipos de Injertos Comparados	Resultados clínicos	Tiempo de cirugía	Consolidación	Resultados Radiográficos	Resultados Funcionales	Complicaciones
<i>Bagherifani et al.</i> Eur J Orthop Surg Traumatol, 2016 *	Aloinjerto corticospoñoso frizado (AI) vs Autoinjerto cresta ilíaca (AI)	Excelente: AI: 67,2 / AI: 73,9 Bueno: AI: 25,9 / AI: 21,9 Aceptable: AI: 6,9 / AI: 4,4	No describe	13 semanas para ambos grupos	<b>Score Rasmussen (0-20)</b> AI: 15,68 AI: 15,65 Valor p: 0,3	<b>Score Rasmussen (0-20):</b> AI: 18,55 AI: 18,65 Valor p: 0,09	Infección sitio quirúrgico AI: 2 / AI: 1. Colapso superficie articular: AI: 1 / AI: 1
<i>Bucholz et al.</i> Clinical orthopaedic and related research, 1988 *	Hidroxiapatita interporosa (HA) vs autoinjerto de cresta ilíaca (AI)	<b>Rango Movilidad &lt; 90°.</b> HA: 1 / AI: 1.	No describe	HA: 2,6 meses AI: 2,8 meses	<b>Promedio de depresión articular al final FU:</b> HA: 0,5 mm / AI: 2 mm	No describe	infecciones profundas: HA: 1/AI: 2 Colapso superficie articular: HA:0 / AI: 3 Perdida de reducción: HA: 1/AI: 3 Artritis séptica rodilla: HA:1 / AI: 0
<i>Simpson et al.</i> Injury, Int. J. Care Injured, 2004*	Cemento de fosfato cálcico inyectable (SRS) vs autoinjerto de cresta ilíaca (AI)	No describe	SRS: 55 min / IOA: 101 min Valor P: <0,0001	No especifica tiempo.	<b>Promedio de depresión articular al final FU:</b> SRS: 0,7 mm / AI: 4 mm p: 0,005	No describe Valor	Colapso superficie articular: SRS: 3/AI: 8 Osteoartritis posttraumática: SRS: 0/AI: 2
<i>Russell et al.</i> J Bone Joint Surg Am, 2008 *	Cemento endotérmico de fosfato cálcico Alpha BSM vs Autoinjerto Cresta Ilíaca	<b>Rango de movilidad al año:</b> Flexión ≥ 120: α BSM: 88% / AI: 69% Extensión completa: α BSM: 98% / AI: 73%	No describe	3 meses en ambos grupos.	<b>Depresión articular mayor a 2 mm final FU:</b> SRS: 6/69 AI: 10/33 valor p: 0,009	No describe	Infección sitio quirúrgico: α BSM: 1 / AI: 1. Colapso superficie articular: α BSM: 1 / AI: 1 Consolidación en varo: α BSM: 1 / AI: 1.
<i>Heikillo et al.</i> J Mater Sci: Mater Med, 2011 *	Granulos de Vidrio bioactivo SS3P4 vs Autoinjerto de cresta ilíaca.	<b>Resultados similares en ambos grupos:</b> rango de movilidad, estabilidad, test meniscal, atrofia muscular y crepitación patelar. <b>Resultados subjetivos no significativos.</b>	VBA < AI 30 minutos.	No especifica tiempo.	<b>Promedio depresión articular 12 meses:</b> entre 2 - 4 mm en ambos grupos, en RX y TAC.	<b>Caminar:</b> VBA 13/14 / AI: 10/11 <b>Subir escaleras:</b> VBA 11/14 / AI: 10/11 <b>Saltar:</b> VBA 6/14 / AI: 4/11 <b>Cuclillas:</b> VBA: 6/14 / AI: 3/11	Infecciones sitio quirúrgico: VBA 1 / AI: 0. Necesidad de transfusión: VBA 1 / AI: 2
<i>Pernaa et al.</i> Journal of Long- Term Effects of Medical Implants, 2011 *	Vidrio Bioactivo SS3P4 vs Autoinjerto cresta ilíaca.	Excelente: VBA: 1 / AI: 0 Bueno: VBA: 3 / AI: 6 Aceptable: VBA: 1 / AI: 2 Pobre: VBA: 0 / AI: 2	No describe	No especifica tiempo.	<b>Promedio de depresión articular al final FU:</b> VBA: 1,4 mm / AI: 1,4 mm. Sin DES. <b>Angulo TF:</b> sin DES. <b>Angulo DMA:</b> sin DES	<b>Score KOOS:</b> <b>QoL:</b> VBA 85/ AI: 74 <b>Total:</b> mayor en VBA. <b>EVA en reposo:</b> VBA: 0,4 / AI: 1,0 <b>EVA caminando:</b> VBA: 1,0 / AI: 1,6	Infección sitio quirúrgico: VBA 0 / AI: 1. Lesión del CPE: VBA 1 / AI: 0. Formación de hueso ectópico: VBA 1 / AI: 2. Osteoartritis severa: VBA: 1/5 / AI: 4/10.
<i>Ong et al.</i> Ir J Med Sci, 2012*	Carbonato cálcico de hidroxiapatita ProOsteon® vs Aloinjerto/Autoinjerto Cresta ilíaca.	<b>Rango de Movilidad 6 meses</b> <b>Flexión:</b> HA: 5,4-95° / AI: 3,1/116°. Valor p: 0,048 <b>Extensión:</b> Sin DES.	No describe	No especifica tiempo.	<b>Promedio de depresión articular al final FU:</b> HA: 1,79 mm/AI: 1,46 mm valor p: 0,916	<b>Score WOMAC:</b> HA: 13,9 / AI: 14,1 Valor p: 0,969	No especifica complicaciones. Excluye fracturas que se infectaron.
<i>Jonsson et al.</i> Bone & Joint J, 2015 *	Granulos de titanio poroso vs Autoinjerto cresta ilíaca.	No describe.	GTP: 83,9 min AI: 107,5 min valor p: < 0,002	No especifica tiempo.	<b>Depresión articular recurrente entre 2-5 mm:</b> GTP: 0 / AI: 4/8 valor p: < 0,001	<b>EVA:</b> Sin DES <b>Lysholm score:</b> Sin DES.	Dolor en sitio donante AI (Todos). Retiro de implante AI: 1. Síndrome compartimental AI: 1.
<i>Hoffmann et al.</i> J Bone Joint Surg Am, 2019 *	Cemento bifásico de hidroxiapatita (CVBF) y sulfato cálcico vs Autoinjerto de cresta ilíaca.	No describe.	CVBF: 104 ± 36 / AI: 112 ± 42 min Valor P: 0,27	Todos los pacientes consolidaron.	<b>Depresión articular.</b> <b>Ensanchamiento del condilo.</b> <b>Angulación Varo/Valgo.</b> Sin diferencias estadísticamente significativas	<b>SF 12 PCS</b> <b>SF 12 MCS</b> <b>EVA</b> Sin diferencias significativas a los 6 meses.	Retardo consolidación: CVBF: 0 / AI: 1. Artrofibrosis: CVBF: 0 / AI: 1. Síndrome Compartimental: CVBF: 0 / AI: 1. Dolor crónico: CVBF: 4 / AI: 0. Atrofia posttraumática: CVBF: 0 / AI: 1. Infecciones CVBF: 6 / AI: 3.
<i>Chu et al.</i> Regen. Med 2019 †	MSC β TCP vs β TCP (solo)	No describe.	MSC β TCP 10 minutos > β TCP	MSC β TCP: 9,3 ± 3,2 sem β TCP: 10,2 ± 2,6 sem valor p > 0,05	<b>Depresión articular recurrente:</b> MSC β TCP: 0,4 ± 0,7 / β TCP: 0,5 ± 0,7 mm Valor p: 0,944 <b>New bone ratio (18m):</b> MSC β TCP: 91,9 ± 4,8 / β TCP: 21,9 ± 12,2 mm Valor p < 0,01	<b>Lysholm score (2a):</b> MSC β TCP: 94,0 ± 6,0 mm β TCP: 87,5 ± 12,4 mm Valor p: 0,088	Infección sitio quirúrgico: β TCP: 1.

\* Estudios que comparan sustitutos óseos con injerto autólogo.  
† Estudios que comparan injerto alogénico con injerto autólogo.  
‡ Estudios que comparan sustitutos óseos entre sí mismos.

patita interporosa, aunque no realizan cálculos estadísticos.

Estos hallazgos son compartidos por Simpson<sup>(12)</sup> y Russell y colaboradores<sup>(17)</sup> quienes encuentran una menor DAR utilizando cemento de fosfato cálcico, siendo SRS: 0,7 mm vs AI: 4 mm (p=0,005), SRS: 6/69, AI: 10/33 (p=0,009) respectivamente. El trabajo de Russell toma depresión mayor a 2 mm para cuantificar sus resultados.

Jonsson y colaboradores<sup>(19)</sup> con GTP reporta diferencias en DAR al final del seguimiento con un valor p < 0,001, debido a que ningún paciente del grupo GTP presentó una depresión mayor a 2-5 mm, mientras que 4/8 injertados con IOA sí lo hicieron.

## Resultados funcionales

Bucholz<sup>(11)</sup>, Simpson<sup>(12)</sup> y Russell y colaboradores<sup>(17)</sup> no describen resultados funcionales.

La escala visual analógica se utiliza en tres estudios (Pernaa<sup>(9)</sup>, Jonsson<sup>(19)</sup> y Hoffman y colaboradores<sup>(10)</sup>)

en ninguno existen diferencias estadísticamente significativas.

En los demás estudios no se utilizan los mismos scores funcionales utilizados. Se destacan score de Koos<sup>(20)</sup> (Pernaa<sup>(9)</sup>), Womac<sup>(21)</sup>, (Ong<sup>(14)</sup>), Lysholm<sup>(22)</sup> (Jonsson<sup>(17)</sup>), SF PCS, SF MCS 12 (Hoffman<sup>(10)</sup>).

Todos los trabajos coinciden en que no hay diferencias estadísticamente significativas en los resultados funcionales sin importar el tipo de injerto utilizado.

## Complicaciones

El estudio de Ong y colaboradores<sup>(14)</sup> no informa complicaciones, este no es su objetivo.

Las infecciones del sitio quirúrgico y las infecciones profundas son las complicaciones que más se reportan en los estudios, existiendo discrepancias su predominancia entre los grupos comparables dependiendo del estudio analizado.

Existió un caso de artritis séptica de rodilla en Bucholz y colaboradores<sup>(11)</sup>, utilizando HA como injerto.

**Tabla 3.**

Nombre comercial	Composición	Presentación	Origen	Precio
Ceranov ®	Hidroxiapatita	Polvo Chips Bloques	Sintético	U\$S 390 + IVA.
β gel ®	β-TCP	Pasta hidrogel	Sintético	U\$S 390 + IVA.
Subiton ®	Hidroxiapatita + β-TCP	Gránulos	Sintético	U\$S 144 + IVA
ChronOS ®	β-TCP	Cuñas Bloques Cilindros Gránulos.	Sintético	2,5 ml - U\$S 387,40 + IVA. 10 ml - U\$S 782,10 + IVA. 20 ml - U\$S 1097.75 + IVA.
Suprabone ®	β-TCP	Gránulos Pasta	Sintético	U\$S 318,01- 4442,94

Los precios publicados se encuentran actualizados a diciembre de 2022.

El colapso de la superficie articular predominó en el grupo injertado con IOA en los trabajos de Buchholz<sup>(11)</sup>, Simpson<sup>(12)</sup>, Russell<sup>(15)</sup> y Jonsson<sup>(17)</sup> lo que es consecuente con los expresado en los resultados radiográficos de dichos estudios. En los demás artículos no existieron diferencias estadísticamente significativas.

Se reportó síndrome compartimental en dos pacientes, ambos injertados con IOA, en los estudios de Jonsson<sup>(17)</sup> y Hoffman<sup>(10)</sup>.

El desarrollo de osteoartritis postraumática ocurrió en un total de nueve pacientes, ocho con IOA y tan solo uno con VBA.

El estudio de Jonsson y colaboradores<sup>(17)</sup> refiere que todos los pacientes del grupo IOA padecieron dolor a nivel del sitio donante en agudo.

Se informa dolor crónico de rodilla en cuatro pacientes con cemento bifásico de hidroxiapatita.

Las complicaciones que presentaron menor incidencia fueron: consolidación en varo (cemento de fosfato cálcico un caso), lesión del CPE (VBA un caso), formación de hueso ectópico (un VBA y dos IOA), artrofibrosis (IOA un caso), y retardo de consolidación (IOA un caso).

### Estudios que comparan sustitutos óseos entre sí mismos

La publicación de Chu y colaboradores<sup>(23)</sup> representa el único artículo recuperado con estas características.

En este ensayo clínico aleatorizado se estudiaron 39 paciente, de los cuales 16 pertenecieron al grupo MSC/βTCP y 23 al grupo βTCP. Se incluyeron FPT con hundimiento desde Shatzker II a VI<sup>(13)</sup>.

Su objetivo es evaluar la eficacia clínica de *stem*

*cells* mesenquimales combinadas con fosfato tricálcico beta (MSC βTCP) preparadas con el sistema circulatorio de enriquecimiento y combinación (SECCS) a partir de médula ósea tomada de cresta iliaca comparando los resultados obtenidos con el βTCP poroso aislado en FPT con hundimiento.

El parámetro “nuevo radio óseo” (NBR) fue evaluado para medir la degradación del sustituto óseo y la regeneración con hueso autólogo del defecto óseo inicial, expresando el NBR en porcentaje con respecto al tamaño total del área del defecto.

La función de la rodilla se evaluó con el Lysholm Score<sup>(22)</sup> luego de 2 años de la cirugía.

Resultados imagenológicos: no existió diferencia estadísticamente significativa en la depresión de la superficie articular recidivante para ambos grupos.

MSC/βTCP implantado en el área de injerto óseo fue degradado a los 18 meses luego de la cirugía. La densidad del hueso nuevo fue igual a la del hueso normal, integrándose al hueso nativo circundante. No se observó degradación ni osteointegración en pacientes que recibieron βTCP aislado.

El NBR en el grupo MSC/βTCP fue 91,9±4,8%, mientras que el promedio de NBR en βTCP fue de 21,9±12%, siendo este resultado estadísticamente significativo (valor p <0,01).

La recuperación funcional no presentó diferencias estadísticamente significativas, el score de Lysholm (22) promedio fue 94 ± 6 para los pacientes MSC/βTCP y 87,5 ± 12.4 βTCP con un valor p 0.088.

Como complicaciones un solo paciente del grupo βTCP presentó infección local.

Los resultados analizados se expresan en la tabla 2.

## Discusión

Hemos analizado 10 publicaciones recuperadas que evidencian una gran heterogeneidad en los tipos de injertos estudiados, resultados clínicos y funcionales medidos y en la evaluación imagenológica.

El sustituto óseo ideal debe de tener las características de ser osteoinductor, osteoconductor y osteointegrador, estar disponible en cantidades ilimitadas, no generar complicaciones agregadas, no aumentar los tiempos de cirugía, además de ser costo efectivo desde el punto de vista económico<sup>(23)</sup>.

El IOA extraído de la cresta ilíaca ipsilateral es considerado el *gold standard* para el relleno de defectos óseos en FPT con hundimiento<sup>(24)</sup>, siendo utilizado como grupo control para la valorar la eficacia de otros tipos de injertos como lo hemos comprobado en 9 de 10 de los artículos seleccionados para esta revisión. A pesar de esto, esta técnica no se encuentra exenta de complicaciones.

Según Arrington y colaboradores<sup>(25)</sup>, las complicaciones de la extracción de injerto óseo de la cresta ilíaca como sitio donante se pueden dividir en mayores (hernias abdominales, fractura del hueso ilíaco, lesiones nerviosas, lesiones vasculares, infecciones profundas y hematomas profundos) y menores (hematomas menores, infecciones superficiales, dolor residual y seromas). En su estudio que incluyó 414 pacientes, 10% sufrió complicaciones menores y 5,8% complicaciones mayores.

Estos datos coinciden con los hallazgos de Palmer y colaboradores<sup>(26)</sup> que refieren en su serie que las complicaciones mayores oscilan entre 0,7% y 25%, mientras que las menores van de 9,4% a 24%.

La extracción supone un aumento de los tiempos quirúrgicos<sup>(11)</sup>, la cantidad de hueso extraíble no es ilimitada y, sobre todo en pacientes añosos, no aporta una estructura adecuada para la carga de peso, este hallazgo es consonante con nuestra revisión.

Los injertos alogénicos, a pesar de encontrarse en cantidades relativamente ilimitadas y suficientes para rellenar cualquier defecto, tampoco están libres de complicaciones. Se describe la posibilidad de transmisión de enfermedades, siendo esta la complicación más grave, respuesta inflamatoria del huésped contra el injerto y la incorporación no consistente<sup>(27,28)</sup>.

Para evitar la transmisión de enfermedades se somete a este tipo de injerto a los procedimientos de congelado y secado, lo cual destruye las células osteogénicas y deja al hueso con capacidad únicamente osteoconductor<sup>(29)</sup>.

En nuestra revisión contamos con un solo estudio que compara injerto alógeno con autógeno, no existiendo diferencias significativas en los resultados clínicos, funcionales (score de Rasmussen) e imagenológicos,

siendo las complicaciones comparables entre grupos.

Los sustitutos óseos sintéticos surgen como alternativa para sortear todas estas complicaciones.

Son osteoconductores debido a sus propiedades estructurales porosas, pero pierden capacidad osteoinductora a menos que se les agregue células osteogénicas, como se afirma en el artículo de Chu y colaboradores<sup>(23)</sup>.

Es difícil comparar resultados de sustitutos sintéticos en conjunto debido a que existen materiales con propiedades estructurales y mecánicas diferentes, pero si tomamos las conclusiones de los artículos citados, encontramos que la principal ventaja es la reducción del tiempo operatorio y que no son inferiores en el mantenimiento de la superficie articular, evitando el colapso recurrente.

Interpretamos que existe una mayor difusión de los sustitutos óseos por parte de las industrias farmacéuticas, esto es debido a que en tres de los artículos, que están catalogados como nivel de evidencia I, existió financiación por diferentes empresas interesadas en los objetos de estudio.

Comparando sustitutos óseos con IOA los resultados funcionales y clínicos no fueron inferiores, ni presentaron diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los estudios que se incluyeron, siendo este el hallazgo más relevante en esta revisión.

En los estudios seleccionados se comparan FPT con diferentes patrones lesionales, creemos que los resultados podrían verse alterados por esta razón haciendo difícil su comparación. Aunque esto no se exprese concretamente, nos surge la interrogante ¿es lo mismo tratar un hundimiento puro o un hundimiento con cizallamiento y conminación metafisaria?.

En Uruguay existen cinco presentaciones de sustitutos óseos al día de hoy, los cuales son importados por diferentes empresas. Los mismos son Ceranov® (Hidroxiapatita),  $\beta$  Gel® ( $\beta$ TCP), Subiton® (combinación de  $\beta$ TCP con hidroxiapatita), ChronOs® ( $\beta$ TCP), Suprabone® ( $\beta$ TCP), los costos de ellos oscilan entre U\$S 144 y U\$S 1097,5, dependiendo del producto y la cantidad. Estos valores fueron obtenidos por vendedores comerciales de las empresas importadoras (tabla 3).

## Conclusiones

Se desprende de nuestra revisión que el IOA continúa siendo el *gold standard* a pesar de sus posibles complicaciones vinculadas al sitio donante, las cuales debemos conocer y tener en cuenta para lograr buenos resultados quirúrgicos.

Tanto el aloinjerto como los sustitutos sintéticos no demostraron ser inferiores en resultados clínicos, funcionales e imagenológicos representando una opción válida para el tratamiento estas lesiones.

Es dificultoso elaborar un protocolo de tratamiento que sugiera qué tipo de injerto debe usarse en estas lesiones por la gran cantidad de variables presentes. La decisión recae sobre el cirujano tratante, teniendo en cuenta el tamaño del hundimiento, el tipo de fractura y los materiales con los que cuenta en el centro que desempeña su labor.

Se necesita un mayor número de estudios, con buen nivel de evidencia, mayores muestras, mayor tiempo de seguimiento y con financiación independiente para poder evidenciar si realmente existe un tipo de injerto superior a otro para el relleno de estos defectos metafisarios.

### Abstract

**Objective:** to find out whether there are clinical, radiological and functional differences when using different types of bone grafts or synthetic substitutes, as well as surgical times and consolidation to treat depressed tibial-plateau fractures in patients older than 18 years old.

**Method:** a systematized search was conducted in medical literature, PubMed, Lilacs, Scielo, Cochrane and Timbó portal databases using the following terms: “tibial plateau fracture”, “bone grafting”, “bone substitutes”. The study included comparative studies in human patients older than 18 years old with depressed tibial-plateau fractures who were treated with bone grafts or synthetic materials. Publications in Spanish, English and Portuguese, between January, 1980 and December, 2021 were included in the search, what resulted in 10 articles found.

**Results:** there were 10 kinds of bone grafts and bone substitutes found. Samples added up to 524 patients. Average age was 49 years old. Average follow up was 12 months. Studies were divided into 3 groups: comparison between autologous bone grafts and allogenic bone grafts, comparison between autologous grafts and synthetic substitutes and studies comparing synthetic substitutes with one another. Allogenic grafts and synthetic grafts proved at least equivalent in terms of clinical, functional and imaging studies results, improving intraoperative times and reducing complications in donor site when compared to autologous grafts.

**Conclusions:** autologous grafts continue to be the gold standard despite possible complications associated to the donor site, and allogenic grafts and synthetic substitutes constitute a valid option to treat these lesions.

### Resumo

**Objetivo:** comparar os resultados clínicos, radiológicos e funcionais com o uso de diferentes tipos de enxertos ósseos ou substitutos sintéticos, bem como tempo

cirúrgico e consolidação para o tratamento de fraturas do platô tibial com colapso articular em pacientes com mais de 18 anos.

**Material e método:** foi realizada busca sistemática nas bases de dados da literatura médica, PubMed, Lilacs, SciELO, Cochrane e portal Timbó. Utilizaram-se os termos “tibial plateau fracture”, “bone grafting”, “bone substitutes”. Foram incluídos estudos comparativos incluindo seres humanos maiores de 18 anos e fraturas do platô tibial associadas a colapso articular, nas quais foi realizado enxerto ósseo ou sintético, publicados entre janeiro de 1980 e dezembro de 2021 em espanhol, inglês e português. Foram obtidos 10 artigos.

**Resultados:** foram identificados 10 tipos de enxertos e substitutos ósseos. 524 pacientes com idade média de 49 anos foram estudados. O seguimento médio foi de 12 meses. Os estudos foram divididos em 3 grupos: comparação entre enxerto autólogo (IOA) e enxerto alogênico, IOA com substitutos sintéticos e substitutos sintéticos entre si. O aloenxerto e os substitutos sintéticos mostraram-se não inferiores nos resultados clínicos, funcionais e de imagem, melhorando os tempos intraoperatórios e reduzindo as complicações da área doadora em relação à IOA.

**Conclusões:** o IOA continua a ser o padrão ouro apesar de suas possíveis complicações relacionadas ao local doador; tanto o aloenxerto como os substitutos sintéticos representam uma opção válida para tratar essas lesões.

### Bibliografia

1. Watson J, Wiss D. Fracturas proximales de la tibia y el peroné. En: Bucholz R, Heckman J, eds. Rockwood & Green's. Fracturas en el adulto. Tomo 2. Madrid: Marbán, 2022:1801-42.
2. Hohl M. Tibial condylar fractures. J Bone Joint Surg Am 1967; 49(7):1455-67.
3. Kennedy J, Bailey W. Experimental tibial-plateau fractures. Studies of the mechanism and a classification. J Bone Joint Surg Am 1968; 50(8):1522-34.
4. DeCoster T, Willis M, Marsh J, Williams T, Nepola J, Dirschl D, et al. Rank order analysis of tibial plafond fractures: does injury or reduction predict outcome? Foot Ankle Int 1999; 20(1):44-9. doi: 10.1177/107110079902000110.
5. Casales N, Maquieira J. Sistematización de los abordajes en las fracturas del platillo tibial. Rev Méd Urug 2019; 35(2):138-46. doi: 10.29193/RMU.35.2.6.
6. Honkonen S. Indications for surgical treatment of tibial condyle fractures. Clin Orthop Relat Res 1994; (302):199-205.
7. Tscherne H, Lobenhoffer P. Tibial plateau fractures. Management and expected results. Clin Orthop Relat Res 1993; (292):87-100.
8. Page M, McKenzie J, Bossuyt P, Boutron I, Hoffmann T, Mulrow C, et al. Declaracion PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. Rev Esp Cardiol 2021; 74(9):790-9. doi: 10.1016/j.recesp.2021.06.016.

9. Perna K, Koski I, Mattila K, Gullichsen E, Heikkilä J, Aho A, et al. Bioactive glass S53P4 and autograft bone in treatment of depressed tibial plateau fractures - a prospective randomized 11-year follow-up. *J Long Term Eff Med Implants* 2011; 21(2):139-48. doi: 10.1615/jlongtermeffmedimplants.v21.i2.40.
10. Hofmann A, Gorbulev S, Guehring T, Schulz A, Schupfner R, Raschke M, et al. Autologous iliac bone graft compared with biphasic hydroxyapatite and calcium sulfate cement for the treatment of bone defects in tibial plateau fractures: a prospective, randomized, open-label, multicenter study. *J Bone Joint Surg Am* 2020; 102(3):179-93. doi: 10.2106/JBJS.19.00680.
11. Bucholz R, Carlton A, Holmes R. Interporous hydroxyapatite as a bone graft substitute in tibial plateau fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1989; (240):53-62.
12. Simpson D, Keating J. Outcome of tibial plateau fractures managed with calcium phosphate cement. *Injury* 2004; 35(9):913-8. doi: 10.1016/S0020-1383(03)00109-8.
13. Schatzker J, McBroom R, Bruce D. The tibial plateau fracture. The Toronto experience 1968--1975. *Clin Orthop Relat Res* 1979; (138):94-104.
14. Bagherifard A, Ghandhari H, Jabalameli M, Rahbar M, Hadi H, Moayedfar M, et al. Autograft versus allograft reconstruction of acute tibial plateau fractures: a comparative study of complications and outcome. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2017; 27(5):665-71. doi: 10.1007/s00590-016-1863-y.
15. Rasmussen P. Tibial condylar fractures. Impairment of knee joint stability as an indication for surgical treatment. *J Bone Joint Surg Am* 1973; 55(7):1331-50.
16. Ong J, Kennedy M, Mitra A, Harty J. Fixation of tibial plateau fractures with synthetic bone graft versus natural bone graft: a comparison study. *Ir J Med Sci* 2012; 181(2):247-52. doi: 10.1007/s11845-011-0797-y.
17. Russell T, Leighton R. Comparison of autogenous bone graft and endothermic calcium phosphate cement for defect augmentation in tibial plateau fractures. A multicenter, prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg Am* 2008; 90(10):2057-61. doi: 10.2106/JBJS.G.01191.
18. Heikkilä J, Kukkonen J, Aho A, Moisander S, Kyyrönen T, Mattila K. Bioactive glass granules: a suitable bone substitute material in the operative treatment of depressed lateral tibial plateau fractures: a prospective, randomized 1 year follow-up study. *J Mater Sci Mater Med* 2011; 22(4):1073-80. doi: 10.1007/s10856-011-4272-0.
19. Jónsson B, Mjöberg B. Porous titanium granules are better than autograft bone as a bone void filler in lateral tibial plateau fractures: a randomised trial. *Bone Joint J* 2015; 97-B(6):836-41. doi: 10.1302/0301-620X.97B6.34552.
20. Paradowski P, Bergman S, Sundén-Lundius A, Lohmander L, Roos E. Knee complaints vary with age and gender in the adult population. Population-based reference data for the Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS). *BMC Musculoskelet Disord* 2006; 7:38. doi: 10.1186/1471-2474-7-38.
21. Bellamy N, Buchanan W. A preliminary evaluation of the dimensionality and clinical importance of pain and disability in osteoarthritis of the hip and knee. *Clin Rheumatol* 1986; 5(2):231-41. doi: 10.1007/BF02032362.
22. Tegner Y, Lysholm J. Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop Relat Res* 1985; (198):43-9.
23. Chu W, Wang X, Gan Y, Zhuang Y, Shi D, Liu F, et al. Screen-enrich-combine circulating system to prepare MSC/ $\beta$ -TCP for bone repair in fractures with depressed tibial plateau. *Regen Med* 2019; 14(6):555-69. doi: 10.2217/rme-2018-0047.
24. Greenwald A, Boden S, Goldberg V, Khan Y, Laurencin C, Rosier R. Bone-graft substitutes: facts, fictions, and applications. *J Bone Joint Surg Am* 2001; 83-A(Suppl 2 Pt 2):98-103. doi: 10.2106/00004623-200100022-00007.
25. Arrington E, Smith W, Chambers H, Bucknell A, Davino N. Complications of iliac crest bone graft harvesting. *Clin Orthop Relat Res* 1996; (329):300-9. doi: 10.1097/00003086-199608000-00037.
26. Palmer W, Crawford-Sykes A, Rose R. Donor site morbidity following iliac crest bone graft. *West Indian Med J* 2008; 57(5):490-2.
27. Goff T, Kanakaris N, Giannoudis P. Use of bone graft substitutes in the management of tibial plateau fractures. *Injury* 2013; 44(Suppl 1):S86-94. doi: 10.1016/S0020-1383(13)70019-6.
28. Beaman F, Bancroft L, Peterson J, Kransdorf M. Bone graft materials and synthetic substitutes. *Radiol Clin North Am* 2006; 44(3):451-61. doi: 10.1016/j.rcl.2006.01.001.
29. De Long WJr, Einhorn T, Koval K, McKee M, Smith W, Sanders R, et al. Bone grafts and bone graft substitutes in orthopaedic trauma surgery: a critical analysis. *J Bone Joint Surg Am* 2007; 89(3):649-58. doi: 10.2106/JBJS.F.00465.

### Contribución de autores

Renzo Fernández, ORCID: 0000-0002-5346-2378. Concepción, diseño, ejecución, análisis, interpretación de los resultados, redacción, revisión crítica.

Juan Del Castillo, ORCID: 0000-0002-3239-4337. Concepción, diseño, ejecución, análisis, interpretación de los resultados, redacción, revisión crítica