



TEMA DE ACTUALIZACIÓN

REDESCUBRIENDO EL MUNDO DE LA RODILLA

Coordinador: Luis García Bordes

Unidad de Rodilla. Clínicas MC Mutual Barcelona

Nuevos enfoques en las fracturas de meseta tibial

M. Vaquero¹, J. Vaquero²

¹ Unidad de Miembro Inferior. Hospital FREMAP de Majadahonda. Madrid

² Mutua Universal. Hospital Nuestra Señora del Rosario. Madrid

Correspondencia:

Dr. Miguel Vaquero Barrón

Correo electrónico: miguelvaquerob@gmail.com

Recibido el 13 de febrero de 2020

Aceptado el 23 de abril de 2020

Disponible en Internet: junio de 2020

RESUMEN

Introducción: las fracturas de meseta tibial suponen el 1% de las fracturas del aparato locomotor, siendo la afectación de la meseta tibial externa la más frecuente. Se trata de fracturas intraarticulares generadas por un mecanismo de compresión axial y lateral en su mayoría, siendo menos frecuente que se produzcan por un mecanismo axial puro. Encontraremos distintos tipos de fracturas según el grado de flexoextensión de la rodilla en el que se produzcan. Podremos clasificarlas tradicionalmente mediante la clasificación de Schatzker, que divide las fracturas de meseta tibial en 6 tipos o, debido al avance de la tecnología, mediante clasificaciones mayormente reproducibles inter- e intraobservador, como pueden ser la clasificación de Luo o la de las 4 columnas de Chang.

Objetivo: determinar el tipo de tratamiento y las vías de abordaje de las fracturas de meseta tibial según el mecanismo de producción y el correcto diagnóstico, basándonos en las clasificaciones actuales.

Método: existen distintos tipos de abordajes según el mecanismo de acción. Comentaremos los abordajes quirúrgicos existentes (longitudinal anterior, anteromedial, anterolateral, postero-medial o posterolateral) y la forma de realizarlos según el tipo de fractura que nos encontremos.

ABSTRACT

New approaches to tibial plateau fractures

Introduction: tibial plateau fractures account for 1% of the locomotor system fractures, being more prevalent those which affect the external side of the tibial plateau. These fractures are intraarticular fractures, usually produced by axial and lateral compression. We can find different kinds of fractures depending on the degrees of flexoextension of the knee during impact. Traditionally, we classified these fractures using Schatzker's classification in 6 different types. More recently, and thanks to our technological development, we can classify them according to the division of the tibial plateau into different columns, commonly using Lou's classification (3 columns) or Chang's classification (4 columns).

Objectives: decide the treatment and surgical approach to the tibial plateau fractures depending on how they are done and their correct diagnosis based on the new classifications.

Method: there are different kinds of surgical approaches depending on how fractures are produced. We will show the different approaches (anterior, anteromedial, anterolateral, posteromedial, or posterolateral) and when we recommend using each approach depending on the type of fracture we find.



<https://doi.org/10.24129/j.retla.03105.fs2005008>

© 2020 Sociedad Española de Traumatología Laboral. Publicado por Imaidea Interactiva en FONDOSCIENCE® (www.fondoscience.com). Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (www.creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

El uso del artroscopio en el mismo acto quirúrgico es una herramienta que nos permite comprobar la reducción intraarticular de la fractura.

Discusión: tradicionalmente se han usado los abordajes anteromedial, anterolateral y longitudinal anterior para abordar todo tipo de fracturas, lo que suponía en cierta medida que el manejo de los fragmentos posteriores se realizara de forma indirecta. El uso de abordajes posteriores directos sobre los fragmentos fracturarios posteriores genera una menor tasa de complicaciones en comparación con el manejo de dichos fragmentos desde los abordajes anteriores. Debido al mecanismo de acción de dichas fracturas, la existencia de fragmentos posteriores supone que dicha fractura es inestable y precisa de un abordaje directo sobre dichos fragmentos para una correcta reducción y congruencia articular, en caso de no hacerlo, la reducción será potencialmente insuficiente y mal tolerada por el paciente.

Conclusión: el objetivo del tratamiento quirúrgico de estas fracturas es conseguir una buena congruencia articular que permita una movilidad precoz y un rango articular funcional de la rodilla para cada paciente; para ello, deberemos realizar una buena planificación quirúrgica y abordar la fractura por donde sea necesario para conseguir dicho objetivo.

Palabras clave: Fractura. Meseta tibial. Artroscopia. Clasificaciones. Abordajes. Abordaje anteromedial. Abordaje anterolateral. Abordaje posteromedial. Abordaje posterolateral.

Introducción

Las fracturas de platillo tibial suponen el 1% de las fracturas del aparato locomotor y el 8% de las fracturas en el paciente anciano. Acontecen de forma más frecuente en varones con una ratio de 2:1, siendo el periodo de edad más habitual de los 30 a los 70 años. La meseta tibial externa es la que con más frecuencia se afecta (65-70% de los casos). Son fracturas intraarticulares que en muchas ocasiones son graves y complejas de abordar, cuyo tratamiento óptimo no siempre está definido, existiendo para un mismo tipo de fractura diversas opciones de manejo quirúrgico, como por ejemplo reducción abierta y fijación interna y reducción cerrada con osteosíntesis percutánea en una fractura de tipo II de Schatzker. El factor pronóstico a largo plazo más importante de estas fracturas es la calidad de la reducción de la superficie articular^(1,2).

Los mecanismos de producción de estos tipos de fracturas son fuerzas deformantes en varo o valgo, añadiéndose un componente de carga axial. Según se trate de traumatismo directo o indirecto y la intensidad de las fuerzas, existirá mayor o menor grado de desplazamiento, conminución y lesiones intraarticulares asociadas.

Actualmente, con la asistencia de la cirugía artroscópica para el tratamiento quirúrgico de las fracturas de

Using arthroscopy during the surgery will help us with the correct intraarticular reduction of the fracture.

Discussion: traditionally, anterior approaches have been commonly used to try to reach every kind of fragment of a fracture, even the posterior ones, but these fragments were manipulated in an indirectly way. Using the posterior approaches allow us to handle these fragments directly, minimizing complications. Due to the mechanism of production of these fractures the appearance of posterior fragments suggest that these fractures are unstable so they must be approached correctly to obtain a proper reduction. Otherwise the reduction will not be tolerated well by the patient.

Conclusion: the objective of these surgical techniques is to achieve a good intraarticular reduction in order to help the patient start an earlier recovery and to attain a functional range of motion of the limb. To achieve this, we have to create a good surgical plan, and we have to choose the best approach for each kind of fracture.

Key words: Fracture. Tibial plateau. Arthroscopy. Classifications. Approaches. Anteromedial approach. Anterolateral approach. Posteromedial approach. Anterolateral approach.

meseta tibial, se consigue una mejor visualización de la superficie articular y de las lesiones intraarticulares asociadas, a la vez que se disminuye la agresión de partes blandas en la intervención quirúrgica.

El fin de la cirugía será en todo momento restablecer lo mejor posible la congruencia articular, mantener la estabilidad de la rodilla con un rango de movilidad aceptable y prevenir el desarrollo de artrosis postraumática.

Mecanismo de lesión

El patrón de fractura y la gravedad de las lesiones asociadas (intraarticulares y de partes blandas) van a depender de la fuerza aplicada y la dirección de la misma. Otros factores determinantes a tener en cuenta son la posición de la extremidad y de la rodilla en el momento del traumatismo y la calidad del hueso en el que ocurre la fractura.

Según la fuerza aplicada, el traumatismo puede ser por compresión axial, compresión lateral en varo o valgo, traumatismos sagitales y por mecanismos de hiperextensión. Generalmente, estos mecanismos se presentan de forma combinada, sobre todo en traumatismos de alta energía, provocando lesiones mixtas y complejas.

La compresión axial suele producirse por precipitaciones y caídas sobre los pies, pero la compresión axial pura no es frecuente, tan solo en el 11%⁽³⁾ de los casos, ya que normalmente se acompaña de cierto grado de varo o valgo, siendo la distribución de las fuerzas desigual, lo que provoca fracturas con separación de las tuberosidades, con afectación o no de la columna posterior.

La compresión lateral es el mecanismo más frecuente de las fracturas de la meseta tibial, representando aproximadamente el 55% de los casos. Ocurren por impacto directo sobre la rodilla bloqueada y los pies apoyados. La localización de la fractura depende del grado de flexión de la rodilla, siendo más posterior cuanto más flexionada se encuentre. Provoca fracturas con separación y hundimiento de la meseta tibial externa siempre que el sistema capsuloligamentoso interno se mantenga indemne⁽⁴⁾. Realmente, el mecanismo más frecuente de lesión es la combinación de compresión axial y lateral. Por un lado, la compresión axial de los cóndilos femorales sobre la porción posterior de la tibia cuando la rodilla se encuentra en flexión produce fracturas de la columna posterior y, según se acompañe de varo o valgo, ocurrirá una fractura de la columna posterolateral con mecanismo en valgo o de la columna posteromedial con mecanismo en varo. Además, cuanto más flexionada se encuentre la rodilla en el momento del impacto, existirá un mayor desplazamiento posterior. Por lo general, con una flexión de entre 30 y 60° ocurre separación de los fragmentos en el eje coronal, mientras que por encima de 60° de flexión aparece hundimiento y conminución en la columna posterior⁽⁵⁾.

La compresión sagital es el impacto directo sobre la rodilla bloqueada y los pies apoyados, siendo este impacto casi siempre anteroposterior.

El mecanismo por hiperextensión de la rodilla genera compresión axial anterior con aplastamiento de las tuberosidades⁽⁶⁾. Descritos los diferentes tipos de mecanismos, los tipos de fracturas que producen son:

1. Fracturas por cizallamiento o separación, en las que la línea de fractura es vertical u oblicua y separa uno de los platillos tibiales parcial o totalmente, generalmente con escaso o ningún hundimiento.

2. Fracturas con hundimiento, en las que existe un fragmento único o múltiples fragmentos que presentan una depresión de la superficie articular, pudiendo localizarse en el centro o en la periferia con los márgenes del platillo conservados.

3. Fracturas combinadas.

Clasificación

En 1979, Schatzker publicó su clasificación para las fracturas de meseta tibial⁽⁷⁾, definiendo 6 tipos diferentes según las imágenes de radiología simple (**Figura 1**).

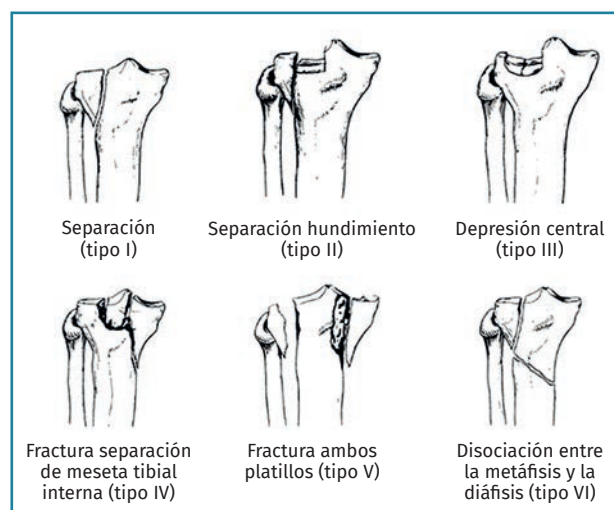


Figura 1. Los 6 tipos de fracturas de meseta tibial según Schatzker.

A pesar de que subestima este tipo de lesiones, actualmente es la clasificación más utilizada a nivel internacional y tiene poca variabilidad interobservador. En 1987, el grupo AO publicó su clasificación alfanumérica⁽⁸⁾, que aporta más detalle del compromiso óseo, pero posee una importante variabilidad interobservador.

Con el uso de la tomografía computarizada (TC) y las reconstrucciones tridimensionales se ha ampliado el entendimiento y la tipificación de estas lesiones, al otorgar una perspectiva en los planos coronal, sagital y axial, añadiendo información importante para el tratamiento, favoreciendo el desarrollo de nuevas clasificaciones y mejorando la confiabilidad intra- e interobservador, respecto de las características morfológicas de esos fragmentos⁽⁹⁾.

En 2010, Luo *et al.*⁽¹⁰⁾ describen el concepto tricolunar de los platillos tibiales lateral, medial y posterior, permitiendo guiar de manera más reproducible la estrategia quirúrgica. Esto renovó el interés en abordajes específicos para el tratamiento de fracturas en la región posterior de la rodilla descritos previamente, dando paso al desarrollo de nuevas vías de acceso a la región posterior de la rodilla (**Figura 2**).

Posteriormente, en 2014, Chang *et al.*⁽¹¹⁾ dividen las fracturas de platillos tibiales en 4 columnas: anteromedial, anterolateral, posteromedial y posterolateral, con el fin de mejorar la caracterización de los fragmentos posteriores y así su tratamiento (**Figura 3**)⁽¹²⁾. Además, se ha demostrado que esta clasificación posee los más altos porcentajes de concordancia intra- e interobservador, con diferencias estadísticamente significativas respecto a las clasificaciones clásicas⁽¹³⁾.

A pesar de que existen más de 30 clasificaciones diferentes para este tipo de fracturas, todas describen el compromiso de la superficie articular y en algunas de ellas la afectación metafisaria y diafisaria. Sin embargo, ninguna de

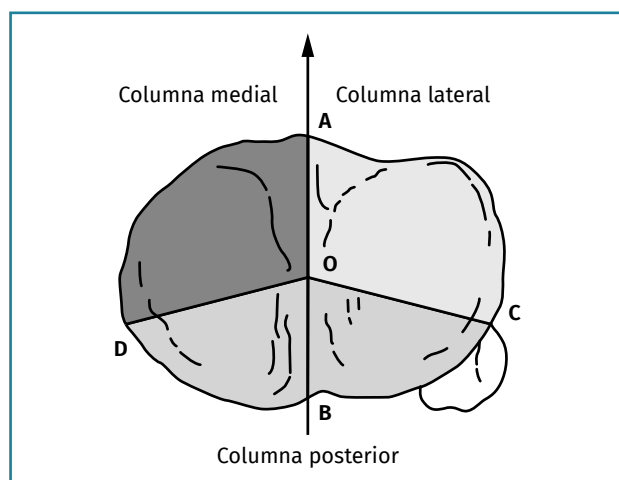


Figura 2. Concepto de las 3 columnas de Lou et al. O: centro de la meseta tibial, equidistante a las 2 espinas; A: centro de la tuberosidad anterior de la tibia; D: borde posteromedial del sector proximal de la tibia; B: punto posterior de la mitad de la tibia; C: borde anterior del peroné.

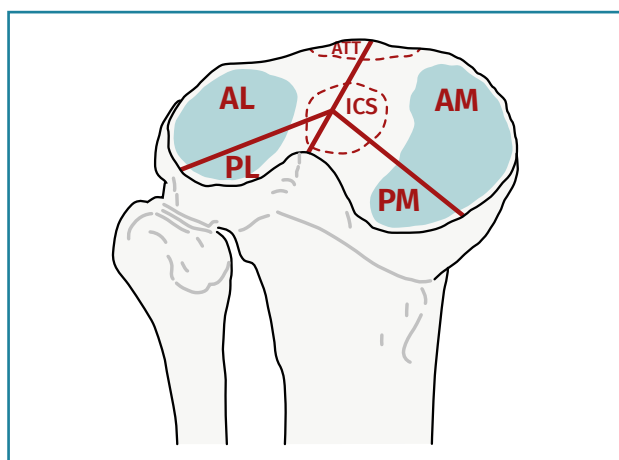


Figura 3. Concepto de las 4 columnas, similar a las 3 columnas, pero divide la columna posterior en 2 (posterolateral y posteromedial)⁽¹²⁾.

ellas incluye el estado de las partes blandas que, en ocasiones, sobre todo si nos encontramos ante un traumatismo de alta energía, puede retrasar el momento de la intervención quirúrgica. Si la fractura a tratar es cerrada, emplearemos como complemento la clasificación de Tscherné⁽¹⁴⁾ y, si es una fractura abierta, la clasificación de Gustilo-Anderson⁽¹⁵⁾.

Técnicas quirúrgicas

La mayoría de este tipo de fracturas requiere un tratamiento quirúrgico. En general, las indicaciones de cirugía

son un desplazamiento de los fragmentos mayor de 3 mm o la existencia de hundimiento articular mayor de 3 mm. Los principios del manejo de toda fractura de platillos tibiales se basan en realizar una reconstrucción anatómica de la superficie articular, restableciendo el eje mecánico y la longitud de la tibia en el plano coronal y sagital, asociado a estabilidad absoluta de la osteosíntesis para permitir movilización precoz y evitar el colapso articular. Para poder lograr esos objetivos, es necesario tener en cuenta una evaluación columnar de la articulación y la existencia o no de extensión de la fractura. El grupo de Luo^(10,16) definió como reducción inadecuada: escalones articulares > 2 mm, ángulo tibial medial proximal (ATMP) de 95 o 80° y slope tibial de 15 o -5°. A esos criterios debemos agregar un ensanchamiento del platillo tibial mayor de 5 mm.

Como ya hemos señalado anteriormente, el uso de la artroscopia de rodilla como asistente quirúrgico ha mejorado en gran medida la reducción articular de estas fracturas y el tratamiento de las lesiones asociadas intraarticulares. Está especialmente indicada en fracturas de tipo I, II y III de Schatzker, que también sintetizaremos con placas de sostén o tornillos canulados con aporte o no de injerto óseo o algún tipo de sustitutivo óseo. La técnica se realiza a través de los portales artroscópicos clásicos anterolateral y anteromedial, y con manguito de isquemia en el muslo. Inicialmente, se drena el hematoma para pasar después a la retirada de cuerpos libres, la evaluación de la superficie articular y el diagnóstico de lesiones meniscales y ligamentosas. Si existe hundimiento articular, se puede emplear una aguja de Kirschner a mano alzada o con ayuda de la guía de reconstrucción del ligamento cruzado anterior desde la cortical tibial hasta en centro exacto del hundimiento de la fractura. Posteriormente, se realiza un túnel tibial a través del cual podemos introducir un dilatador o botador para llevar la superficie articular a la altura adecuada, todo esto bajo visión intraarticular directa y control radioscópico (Figura 4).

Los abordajes clásicos para el tratamiento quirúrgico de las fracturas de meseta tibial son el anterolateral, el anteromedial y el longitudinal en la línea media. Este último sería ideal en aquellas fracturas que afecten a la meseta medial y lateral en pacientes por encima de los 50-55 años, ya que posiblemente precisen la implantación de una prótesis total de rodilla por gonartrosis secundaria. La vía anterolateral es la más utilizada en virtud de la mayor frecuencia de las fracturas del platillo externo que afectan a la columna anterolateral (Figura 5). La vía anteromedial se emplea para fracturas exclusivamente del platillo interno con afectación de la columna anteromedial. Para fracturas bituberositarias anteriores, podemos emplear un doble abordaje lateral y medial, o decantarlos por una única vía longitudinal en la línea media.

Con el uso de nuevas técnicas de imagen como la TC y las reconstrucciones 3D, se han tipificado de forma más correcta este tipo de lesiones, lo que ha llevado al desa-

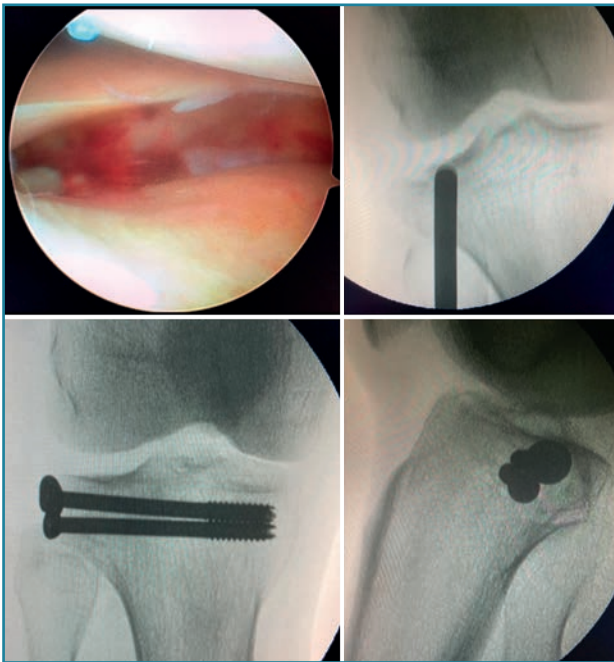


Figura 4. Fractura de Schatzker III tratada mediante reducción cerrada asistida con artroscopia y osteosíntesis con 2 tornillos canulados de 6,5 mm.



Figura 5. Tratamiento de una fractura de meseta tibial mediante fijación interna y osteosíntesis.

rollo de nuevas vías de acceso a la región posterior de la rodilla. En un número importante de casos, es necesaria la realización de abordajes duales para un adecuado tratamiento quirúrgico de estas fracturas. La combinación de un abordaje anterolateral y posteromedial es el pilar fundamental de las fracturas que comprometen ambos platillos⁽¹⁷⁾. En este caso, se debe realizar primero la vía posterolateral para reducir el fragmento posteromedial, que es el que proporciona estabilidad mecánica primaria a la rodilla. Para la combinación de varios abordajes, Luo *et al.*⁽¹⁰⁾ describieron la posición flotante para la colocación del paciente (**Figura 6**).

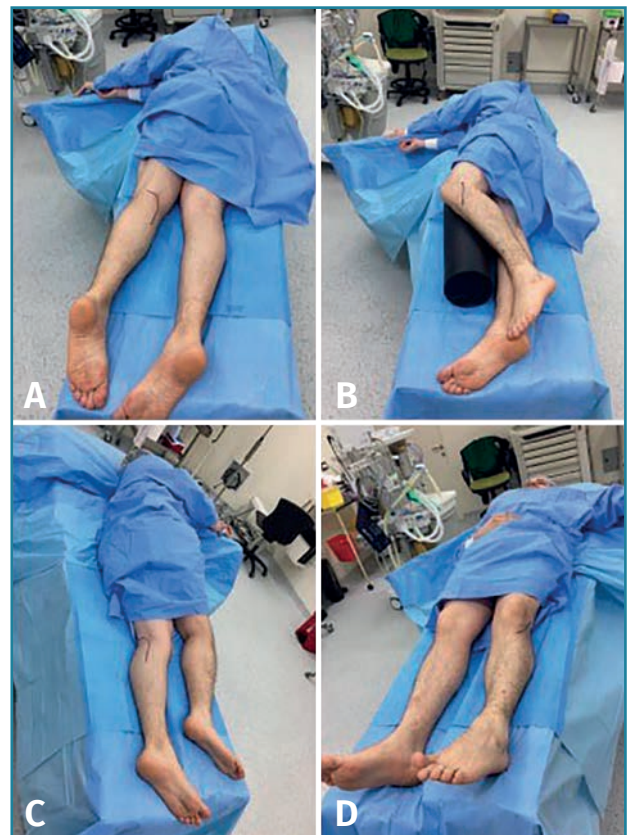


Figura 6. Posición flotante: se preparan ambas extremidades inferiores en el campo quirúrgico. Comenzar con el abordaje posteromedial. A y B: posicionar al paciente en decúbito semilateral con la extremidad lesionada hacia arriba. Esta y la pelvis son primero rotadas a una posición en prono para realizar el abordaje posteromedial (A). Luego, la extremidad vuelve a una posición lateral para realizar el abordaje anterolateral (B). C y D: otra alternativa, descrita por Chang *et al.*⁽¹¹⁾, posiciona la extremidad lesionada hacia abajo. Para ello, la cadera contralateral es rotada hacia el prono sobre la extremidad lesionada, la que rota lateralmente con esas maniobras, permitiendo el acceso a la región posterior de la rodilla (C). Tras el abordaje posteromedial, se retorna al paciente a la posición supina para el abordaje anterolateral (D).

El abordaje posterointerno se puede realizar en posición flotante o en supino elevando la cadera contralateral para dar rotación externa del miembro inferior fracturado. La incisión en la piel es longitudinal, comenzando sobre el cóndilo femoral interno, y continúa unos 10-12 cm en sentido distal hacia el borde posterior e interno de la tibia. Tras disecar el tejido celular subcutáneo, se encuentra el plano muscular. El gemelo interno se rechaza hacia lateral y los músculos de la pata de ganso se elevan y se desplazan hacia medial. Por lo general, el fragmento posterointerno suele ser de gran tamaño y sin conminución, permitiendo una reducción anatómica y la fijación con placa.

El abordaje posteroexterno publicado por Lobenhoffer⁽¹⁸⁾ describe el acceso al sector posteroexterno del platillo tibial haciendo osteotomía del peroné. Otros autores, como Frosch⁽¹⁹⁾ y Carlson⁽²⁰⁾, han modificado este abordaje y lo realizan sin osteotomía del peroné. Se coloca al paciente en decúbito prono o lateral y se realiza una incisión cutánea posterolateral de unos 15 cm centrados en la cabeza del peroné que se utiliza como punto de referencia. Se expone el nervio ciático poplíteo externo (CPE) disecándolo de forma minuciosa para protegerlo durante toda la cirugía. Tanto el nervio CPE como el bíceps y el ligamento lateral externo (LLE) se llevan hacia lateral y el vientre muscular del gemelo externo y el poplíteo se desplazan hacia adentro protegiendo el paquete neurovascular. Como material de osteosíntesis, suele ser preferible la fijación con placas de pequeños fragmentos.

Discusión

El intento de intervenir las fracturas de las columnas posteriores por las vías tradicionales anterolateral o anteromedial realizando una ampliación de dichos abordajes suele conllevar una mayor lesión de partes blandas, extensión del tiempo quirúrgico y aumentar las complicaciones postoperatorias derivadas de una fijación insuficiente y dificultosa. Un abordaje posterolateral directo mejora la reducción, la estabilización y los resultados funcionales frente a un abordaje indirecto anterolateral. Además, la síntesis con placa de sostén posterolateral es la fijación biomecánica más resistente para contener ese tipo de lesiones, dando una mayor estabilidad, resistencia al desplazamiento y carga máxima para el fallo que una placa lateral aislada⁽²¹⁾.

El estudio de Yang *et al.*⁽²²⁾ permitió conocer que, del total de las lesiones de la columna posterior, el 45,7% afecta a la columna posteromedial, el 35,1% a la columna posterolateral y un 19,2% a ambas columnas posteriores. El fragmento posterolateral suele tener forma de un cono invertido⁽²³⁾ y la superficie articular promedio comprometida representa más de la mitad de la superficie articular del platillo medial (58%) y entre el 23 y el 25% de la superficie articular total de los platillos tibiales, con una altura promedio del fragmento en el plano sagital de 42 a

45 mm, siendo la angulación axial de la línea de fractura de 9 a 21°, con el fragmento generalmente en rotación externa. Por todo esto, estas fracturas son eminentemente inestables en el plano coronal. Además, la mayoría (55%) presentan desplazamientos no tolerables para el manejo conservador (> 5 mm). Se debe tener en cuenta que el 74% de las fracturas con compromiso de ambos platillos tibiales presentan un fragmento posteromedial⁽²⁰⁾.

Conclusiones

El objetivo del tratamiento quirúrgico de las fracturas de la meseta tibial es conseguir una articulación congruente, no dolorosa, estable y con una movilidad adecuada a las necesidades del paciente. Como principios del tratamiento, hay que realizar una reconstrucción anatómica de la superficie articular, restableciendo el eje mecánico y la longitud de la tibia en el plano coronal y sagital, y conseguir una osteosíntesis estable que permita una movilización precoz. Para conseguir todos estos objetivos, es fundamental el diagnóstico correcto del patrón de fractura, la elección del abordaje quirúrgico y la planificación del tratamiento más adecuado.

Las fracturas de platillos tibiales con compromiso de la columna posterior son frecuentes y se suelen asociar a mecanismos de alta energía. Se caracterizan por presentar fragmentos altamente inestables y difíciles de reducir mediante abordajes convencionales. El fallo en la fijación de estos fragmentos se asocia a la inestabilidad de la rodilla independientemente de su tamaño o grado de desplazamiento, por eso se han desarrollado abordajes específicos para su tratamiento.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Financiación. Los autores declaran que este trabajo no ha sido financiado.

Conflicto de interés. Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Buchko GM, Johnson DH. Arthroscopy assisted operative management of tibial plateau fractures. *Clin Orthop*. 1996;(332):29-36.

2. Vangsnæs C, Gharderi B, Hohl M, Moore T. Arthroscopy of meniscal injuries with tibial plateau fractures. *J Bone Joint Surg Br.* 1994 May;76(3):488-90.
3. Duparc J, Ficat P. Fractures articulaires de l'extrémité supérieure du tibia. *Rev Chir Orthop.* 1960;46:399-486.
4. Kennedy JC, Bailey WH. Experimental tibial plateau fractures. Studies of the mechanism and classification. *J Bone Joint Surg Am.* 1968 Dec;50(8):1522-34.
5. Chauveaux D, Souillac V, Le Huec JC. Fracturas recientes de los platillos tibiales. *EMC-Aparato locomotor.* 2003:1-10.
6. Concejero López V, Madrigal Royo JM. *Traumatología de la rodilla.* 1.ª ed. Madrid: Ed. Médica Panamericana; 2002.
7. Schatzker J. Compression in the surgical treatment of fractures of the tibia. *Clin Orthop.* 1974;105:220-39.
8. Müller ME, Nazarian S, Koch P, Schatzker J. *The Comprehensive Classification of Fractures of Long Bones.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 1990. pp. 148-57.
9. Doornberg JN, Rademakers MV, van den Bekerom MP, Kerckhoffs GM, Ahn J, Steller EP, Kloen P. Two-dimensional and three-dimensional computed tomography for the classification and characterisation of tibial plateau fractures. *Injury.* 2011 Dec;42(12):1416-25.
10. Luo CF, Sun H, Zhang B, Zeng BF. Three-column fixation for complex tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma.* 2010;24(11):683-92.
11. Chang SM, Hu SJ, Zhang YQ, Yao MW, Ma Z, Wang X, et al. A surgical protocol for bicondylar four-quadrant tibial plateau fractures. *Int Orthop.* 2014;38(12):2559-64.
12. Casales N, Maquieira J. Sistematización de los abordajes en las fracturas del platillo tibial. *Rev Med Urug.* 2019;35(2):137-45.
13. Martínez-Rondanelli A, Escobar-González SS, Henao-Alzate A, Martínez-Cano JP. Reliability of a four-column classification for tibial plateau fractures. *Int Orthop.* 2017;41(09):1881-6.
14. Ibrahim DA, Swenson A, Sassoon A, Fernando ND. Classifications In Brief: The Tscherne Classification of Soft Tissue Injury. *Clin Orthop Relat Res.* 2017;475(02):560-4.
15. Kim PH, Leopold SS. In brief: Gustilo-Anderson classification [corrected]. *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(11):3270-4.
16. Wang Y, Luo C, Zhu Y, Zhai Q, Zhan Y, Qiu W, Xu Y. Updated Three-Column Concept in surgical treatment for tibial plateau fractures. A prospective cohort study of 287 patients. *Injury.* 2016;47(07):1488-96.
17. Díaz Allende P, Scheu Gonçalves M, Carredano González X, Colmenares Sandoval O, Yáñez Lagos C, Donoso Martínez R, et al. Principios quirúrgicos en fracturas de platillos tibiales con compromiso de columna posterior. *Rev Chil Ortop Traumatol.* 2018;59(01):22-34.
18. Lobenhoffer P, Gerich T, Bertram T, Lattermann C, Pohlemann T, Tscherne H. Treatment of posterior tibial plateau fractures via posteromedial and posterolateral exposures. *Der Unfallchirurg.* 1997;100:957-67.
19. Frosch K, Balcarek P, Walde T, Stürmer K. A new posterolateral approach without fibula osteotomy for the treatment of tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma.* 2010;24(8):515-20.
20. Carlson DA. Posterior bicondylar tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma.* 2005;19(2):73-8.
21. Barei DP, Nork SE, Mills WJ, Henley MB, Benirschke SK. Complications associated with internal fixation of high-energy bicondylar tibial plateau fractures utilizing a two-incision technique. *J Orthop Trauma.* 2004;18(10):649-57.
22. Yang G, Zhai Q, Zhu Y, Sun H, Putnis S, Luo C. The incidence of posterior tibial plateau fracture: an investigation of 525 fractures by using a CT-based classification system. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2013;133(07):929-34.
23. Barei DP, O'Mara TJ, Taitsman LA, Dunbar RP, Nork SE. Frequency and fracture morphology of the posteromedial fragment in bicondylar tibial plateau fracture patterns. *J Orthop Trauma.* 2008;22(03):176-82.