

# ABORDAJE DE LAS FRACTURAS DE TOBILLO EN EL PACIENTE DIABÉTICO

G. Albertí Fitó<sup>1,2</sup>, M. Matas Pareja<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología.

Hospital Universitario Germans Trias i Pujol. Badalona, Barcelona

<sup>2</sup> Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Universitario Quirón Dexeus. Barcelona

8

## Fractura de tobillo en la diabetes mellitus. Introducción

La diabetes mellitus (DM) es un problema sanitario que puede considerarse epidémico en los países desarrollados<sup>(1)</sup>. Wild *et al.*<sup>(2)</sup> estimaban en 2004 que los casos de DM en el mundo en 2030 se situarían sobre los 366 millones. En el trabajo de Wukich<sup>(3)</sup> de 2015, esta previsión asciende hasta los 439 millones de individuos. Estas cifras comportan unos costes muy elevados para los sistemas de salud nacionales, principalmente invertidos en solucionar complicaciones derivadas de la DM, aunque los médicos cada día tienen más claro que la prevención de dichas complicaciones es significativamente más económica, aparte de beneficiosa para los pacientes<sup>(4)</sup>. Así pues, en el año 2010, solo en los Estados Unidos se gastaron 376 millones de dólares en el tratamiento y la prevención de la DM y de sus complicaciones. Este coste se cree que se incrementará hasta los 490 millones en 2030<sup>(3)</sup>.

Por otro lado, la fractura de tobillo es una lesión osteoarticular muy prevalente. Es la fractura intraarticular más frecuente en una articulación de carga y supone el 9% del total de las fracturas del esqueleto; además, de todas ellas, el 25% requerirá intervención quirúrgica<sup>(5-7)</sup>. Se estima que anualmente se presentan unos 260.000 casos de fractura de tobillo en los Estados Unidos<sup>(1,6)</sup>.

Por todo lo expuesto, es lógico pensar que la asociación entre la fractura de tobillo y la DM será muy habitual en nuestro medio. Este dato no tendría más importancia si no fuera porque hay unanimidad en la literatura sobre el aumento de las complicaciones con estas fracturas en este tipo de pacientes.



<https://doi.org/10.24129/j.mact.1001.fs1802006>

© 2018 SEMCPT. Publicado por Imaidea Interactiva en FONDOSCIENCE® ([www.fondoscience.com](http://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/](http://www.creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)).

## Fractura de tobillo en la diabetes mellitus. Fisiopatología de las complicaciones

Está documentado que las situaciones de aumento de estrés, como pueden ser los traumatismos, la sepsis o la cirugía mayor, alteran el metabolismo del azúcar. A su vez, está demostrada la correlación entre la hiperglucemia y las complicaciones durante la hospitalización, hecho que se traduce en un aumento de la mortalidad y la morbilidad. En términos generales, un paciente diabético incrementa su estancia hospitalaria en un 45%, respecto un paciente no diabético. Es conocido que la hiperglucemia inhibe la liberación de la interleucina 1 desde los macrófagos, empobrece la fagocitosis y disminuye la producción de radicales de oxígeno desde los neutrófilos, situaciones que conllevan a una relativa inmunodeficiencia del paciente y, con ello, a un incremento en el riesgo de infección<sup>(3)</sup>. A su vez, el aumento de la glucosa sérica merma la cicatrización en cuanto que inhibe la migración de los fibroblastos, su habilidad de proliferación y entorpece el depósito de colágeno en las heridas<sup>(8)</sup>.

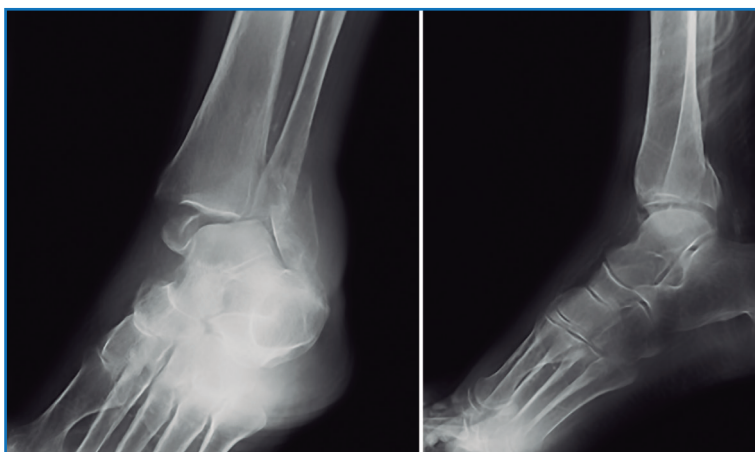
Aparte de la alteración inmunitaria descrita, las complicaciones asociadas a la DM que más preocupan al cirujano ortopeda son las derivadas de la enfermedad macro- y microangiopática que pueden padecer estos pacientes. Así, la aterosclerosis arterial periférica reducirá el aporte sanguíneo a las heridas quirúrgicas, conllevando hipoxia y, por tanto, complicaciones relacionadas con la cicatrización e infecciones. La enfermedad microangiopática puede contribuir a las complicaciones ortopédicas, a partir de la nefropatía, la retinopatía o la neuropatía periférica. La nefropatía en fases finales puede producir anemia de los trastornos crónicos y una alteración del metabolismo óseo (osteodistrofia renal), todo ello encaminado a complicar la cicatrización cutánea y la consolidación ósea. La retinopatía diabética provocará una discapacidad visual que incrementará el riesgo de caídas y, finalmente, la neuropatía periférica que sufren muchos pacientes con DM predispone a una marcha inestable, a un empobrecimiento de la propiocepción y del balance articular, situaciones que aumentan el riesgo de traumatismos que, en caso de producir lesiones osteotendinosas o ligamentosas, puedan evolucionar hacia una curación deficiente o hacia la temida artropatía de Charcot<sup>(1,3,8,9)</sup>.

En la patogénesis del retraso de la consolidación ósea se cree que interviene la alteración de la síntesis del colágeno y la disminución de la proliferación de las células óseas. Todo ello puede conllevar un retraso en la osificación endocondral y una disminución en la fuerza biomecánica del callo óseo<sup>(8)</sup>. De hecho, se ha comprobado en estudios experimentales que la DM disminuye la rigidez, la fuerza de torsión y la energía de absorción del callo de fractura<sup>(10)</sup>. A su vez, como se produce una reducción en la producción de citoquinas, la neoformación vascular en el callo se verá también mermada<sup>(3)</sup>. Esos hechos fisiopatológicos tendrán una traducción clínica, de forma que se considera que los pacientes diabéticos tardan el doble de tiempo en consolidar las fracturas<sup>(8)</sup> y pueden requerir hasta 5 veces más revisiones quirúrgicas que los no diabéticos debido a las complicaciones relacionadas con la consolidación de las fracturas<sup>(3)</sup>.

## Fractura de tobillo en la diabetes mellitus. ¿Tratamiento quirúrgico o conservador?

A la vista de las complicaciones que los individuos diabéticos pueden presentar frente una fractura de tobillo, es lógico que exista una preocupación por saber si a estos pacientes es mejor operarlos o, por el contrario, se beneficiarán más de un tratamiento conservador que de entrada puede parecer menos agresivo.

La literatura sobre el tratamiento conservador de la fractura de tobillo en la DM es reducida. Existen pocos trabajos y la mayoría de las series no pasan de 10 individuos. Sin duda uno de los estudios más recientes y con una serie de casos algo más extensa es el de Lovy *et al.*<sup>(5)</sup>, donde evalúan 447 fracturas de tobillo, de las cuales 28 corresponden a pacientes diabéticos. En 20 casos no se intervino la fractura y en los 8 restantes sí. La tasa de complicaciones en el grupo operado fue del 12,5% y en el grupo conservador del 75%. La complicación más frecuente fue la pérdida de corrección y la consolidación viciosa, con una tasa del 55%. Si del grupo conservador se extraen los pacientes que se dializan y aquellos con neuropatía periférica, la tasa de complicaciones se reduce. Los pacientes intervenidos se beneficiaron de menos tiempo de descarga (7,8 vs. 10,7 semanas) y, a los 3 meses, el 71,4%



**Figura 1.** Paciente de 81 años, con diabetes mellitus insulinodependiente de tipo 2, nefropatía diabética (hemodiálisis) y anemia de trastornos crónicos. Caída casual, con el resultado de fractura tri-maleolar izquierda.



**Figura 2.** Se interviene a la paciente, practicando reducción abierta y osteosíntesis convencional con placa en la fractura de peroné y tornillo en la fractura de tibia.

de los pacientes intervenidos habían recuperado su situación basal previa a la fractura, respecto al 33,3% del grupo conservador. Las úlceras provocadas por el yeso fueron del 25% en los pacientes no operados frente al 0% en el grupo intervenido. Asimismo, la tasa de infección fue del 10% en el grupo conservador y de ningún caso en los operados. Finalmente, entre los pacientes intervenidos no se produjo ningún caso de artropatía de Charcot, mientras que en el grupo conservador se registró una tasa del 35%. Los autores atribuyen estas diferencias a la prolongación de la inmovi-

lización y del tiempo de descarga que el tratamiento conservador requiere. A la vista de los resultados, los autores concluyen que el tratamiento conservador debe reservarse para pacientes mayores y con poca demanda funcional.

Así pues, parece ser que intervenir las fracturas de tobillo, principalmente si son inestables, es recomendable a fin de conseguir suficiente estabilidad y evitar malos resultados. Ahora bien, esta cirugía presenta una incidencia de complicaciones no despreciable; según diferentes trabajos, puede oscilar entre el 14 y el 43%<sup>(4,8,11,12)</sup>. A su vez, la literatura reconoce que una osteosíntesis convencional podría no comportar la estabilidad ósea deseada, dada la ya comentada debilidad ósea que estos pacientes pueden presentar (**Figuras 1 a 3**). En este sentido, aconsejan utilizar placas más largas, con numerosos tornillos transindesmales tetracorticales, clavos de Steinmann transarticulares que aumenten la estabilidad articular o la utilización de fijadores externos<sup>(12,13)</sup>. Facaros *et al.*<sup>(14)</sup>, en las fracturas complejas, recomiendan la combinación de reducción abierta y fijación interna con placas con múltiples tornillos transindesmales, asociado a fijador externo. Wukich *et al.*<sup>(1)</sup> compararon entre osteosíntesis interna convencional, osteosíntesis interna robusta, osteosíntesis convencional más fijador externo y fijador externo aislado. El tratamiento que presentó menos complicaciones fue la osteosíntesis robusta. Para Chaudhary *et al.*<sup>(8)</sup> el *gold standard* es la osteosíntesis interna rígida con descarga prolongada asociada.

En cuanto a las fracturas no desplazadas, muchos autores aceptan, aunque con controversia, el tratamiento conservador, con la precaución de mantener la inmovilización entre 2 y 3 veces más tiempo del que se recomendaría en un paciente no diabético<sup>(8)</sup>.

Robinson *et al.*<sup>(4)</sup> aconsejan tratamiento conservador para el paciente con vasculopatía no resuelta y para las fracturas estables. Recomiendan



**Figura 3.** A los 2 meses postoperatorios, la paciente acude a consultas. Las radiografías muestran el fracaso de la osteosíntesis.

prolongar la inmovilización el doble de tiempo que se mantendría en un paciente no diabético. El tratamiento quirúrgico lo reservan para las fracturas inestables sin vasculopatía asociada y, en estos casos, también prolongan la inmovilización. En este estudio, los pacientes con fractura de tobillo y Charcot preexistente contralateral tienen peor pronóstico que los pacientes sin Charcot. Estos autores sitúan las complicaciones quirúrgicas en un 14%. Vaudrevil *et al.*<sup>(12)</sup> también reservan el tratamiento conservador para las fracturas estables y para aquellos pacientes que, presentando una fractura inestable, tienen una demanda funcional baja o son muy ancianos. También recomiendan prolongar el tiempo de inmovilización, pero no especifican en cuántas semanas.

Otro punto de interés para los autores ha estado en comparar los resultados de la cirugía de la fractura de tobillo entre la población diabética y la no diabética.

Ganesh *et al.*<sup>(6)</sup> evaluaron 160.598 pacientes con fractura de tobillo, 9.174 de los cuales eran diabéticos y el resto no (151.424). Se evaluaron parámetros como el tipo de fractura, la estancia hospitalaria, las complicaciones y las muertes intrahospitalarias, los requerimientos de sopor-

te al alta y el coste económico. Los resultados mostraron que las fracturas eran parecidas en los dos grupos, con cierta tendencia del grupo DM a fracturas más complejas. La estancia hospitalaria era de un día más en los pacientes diabéticos y el coste económico aumentaba en unos 2.000 dólares. El resto de los parámetros también empeoraban en el grupo con DM.

Jones *et al.*<sup>(15)</sup> publicaron una revisión de 42 pacientes diabéticos con fractura de tobillo; en 23 casos se optó por un tratamiento conservador, en los 19 restantes se realizó una reducción abierta y osteosíntesis. Cada uno de estos 42 individuos fue comparado con casos semejantes en cuanto a los datos demográficos, el tipo de fractura y el tratamiento recibido, con la única diferencia de que se trataba de pacientes no diabéticos. Los resultados mostraron que los

pacientes con DM se complicaban más, un 31 vs. un 17%, aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa. Examinando cada complicación por separado, solo era significativo el aumento del tiempo de inmovilización por parte del grupo con DM. La infección y las complicaciones relacionadas con la fusión ósea no mostraron diferencias significativas. Tampoco aumentó la probabilidad de complicaciones entre diabéticos vs. no diabéticos respecto a la edad, el sexo, el tipo de fractura o el tratamiento recibido. De los 42 pacientes con DM, 21 presentaban una diabetes complicada, entendiéndose por ello aquellos pacientes que, debido a la DM, presentan daño en algún órgano diana; es decir, la DM complicada es aquella en la que se presentan comorbilidades tales como una retinopatía, una nefropatía, una vasculopatía o una artropatía de Charcot. Los autores observaron que la tasa de complicaciones era semejante entre el grupo de diabéticos no complicados y el grupo de no diabéticos. Sin embargo, las complicaciones aumentaron en el grupo de diabéticos con comorbilidades respecto a los no diabéticos. A la vista de los resultados antes expuestos, los autores concluyeron que las complicaciones en caso de fracturas de tobillo en la población diabética

solo aumentan en el subgrupo de pacientes con comorbilidades.

Costigan *et al.*<sup>(11)</sup> también recomiendan intervenir las fracturas inestables, presentando una tasa de complicaciones del 14%. Estos autores no ven incrementada la cifra ni por la edad ni por el método de control de la glucemia (insulina o antidiabéticos orales). Sus resultados muestran una tendencia no significativa al incremento de las complicaciones en la DM complicada, que sí es significativo cuando el paciente presenta una vasculopatía y/o neuropatía periférica.

Este aumento de complicaciones en la DM complicada, sobre todo si existe neuropatía asociada, también fue observada por Lovy *et al.*<sup>(5)</sup>.

El trabajo de Wukich *et al.* de 2011<sup>(1)</sup> comparaba los resultados de la fractura de tobillo intervenida entre pacientes con DM complicada respecto a no complicada. Las complicaciones en el primer grupo ascendían al 50%, respecto al 22,8% del segundo. Tanto las infecciones como los casos que terminaron en amputación aumentaron en la DM complicada. No se presentaron diferencias entre grupos respecto a la edad, el índice de masa corporal, la hemoglobina glicosilada o el tipo de fractura.

Basques *et al.*<sup>(7)</sup> publicaron en 2015 un trabajo de revisión sobre 4.412 pacientes intervenidos de fractura de tobillo con la finalidad de detectar posibles factores de riesgo de presentar complicaciones. Las conclusiones en el caso concreto de la diabetes fueron que la DM no insulino dependiente (ID) no aumentaba la tasa de complicaciones y la DMID aumentaba al doble el riesgo de cualquier efecto adverso; la complicación que más se relacionaba con la DMID era la infección posquirúrgica.

A la vista de lo publicado, podríamos concluir que la fractura de tobillo suele presentar mejores resultados con el tratamiento quirúrgico. En la población con DM complicada se recomienda osteosíntesis más rígidas, puesto que serán pacientes más vulnerables a presentar complicaciones. La inmovilización debe prolongarse en los casos tratados conservadoramente y en la DM complicada. Respecto a los pacientes con DM no complicada, no existe unanimidad en las recomendaciones anteriores y, por tanto, deberá actuarse en cada caso individual según el tipo de fractura y el paciente.

### Preparación quirúrgica

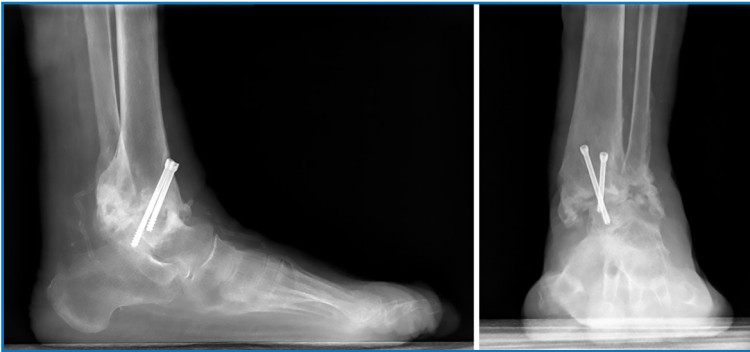
Una vez consensuado que la cirugía resulta ser el tratamiento más adecuado y a fin de conseguir unos resultados quirúrgicos precoces y tardíos lo más satisfactorios posibles, es imprescindible abordar estos pacientes desde una óptica multidisciplinaria. Deben ser evaluados tanto por endocrinólogos como por internistas, anestesistas, cirujanos ortopédicos y vasculares<sup>(3,4,9)</sup>.

Será de gran importancia realizar un estudio preoperatorio exhaustivo del paciente, a fin de detectar y corregir, en la medida de lo posible, alteraciones metabólicas y/u orgánicas. Así pues, se deberá mantener al paciente en glucemias y hemoglobinas glicosiladas dentro de los parámetros de normalidad, se deberán identificar y corregir los casos de anemia y se optimizará la situación global del paciente respecto sus comorbilidades previas<sup>(7,8)</sup>.

Se deberá explorar la extremidad lesionada, atendiendo al estado cutáneo, vascular y neurológico. Si el estado de la piel es precario, puede ser recomendable reducir la fractura, inmovilizarla con yeso o fijador externo, según el caso, y retrasar la osteosíntesis interna hasta la curación de las heridas. Si las partes blandas están muy dañadas, la fijación externa puede ser incluso el tratamiento definitivo. A su vez, será importante diagnosticar la existencia de enfermedad macroangiopática y que el cirujano vascular solucione al máximo el problema antes de la cirugía ortopédica<sup>(13)</sup>. Finalmente, se deberá identificar si cualquiera de las dos extremidades inferiores presentan artropatía de Charcot, situación que puede empobrecer el resultado de la cirugía si no se toman las medidas adecuadas ya comentadas, como son una osteosíntesis más rígida o prolongar la inmovilización y la descarga<sup>(1,3,4,8)</sup>.

### Tratamiento de las complicaciones

El manejo de las partes blandas, tanto durante la cirugía como en el postoperatorio, debe ser exquisito a fin de reducir las complicaciones relacionadas con las heridas quirúrgicas. En caso de presentar dehiscencias de heridas extensas y/o profundas, será de gran ayuda consultar con el Servicio de Cirugía Plástica.



**Figura 4.** Tras el fracaso de la cirugía primaria, se procedió a la artrodesis del tobillo con tornillos a compresión. La radiografía corresponde a 8 meses postoperatorios; la paciente no presenta dolor y camina sin ortesis.

En cuanto a las infecciones, nos guiaremos por las recomendaciones expuestas en el capítulo de infección en el paciente diabético.

Respecto a los problemas relacionados con la fusión ósea, la artropatía de Charcot, debido a su importancia, se trata también en un capítulo independiente. Por tanto, nos centraremos en aquellas complicaciones directamente relacionadas con la consolidación de la fractura.

El primer punto que cabe destacar es que no existe un algoritmo claro de actuación en los casos de cirugía fracasada por fallo mecánico de la osteosíntesis, pseudoartrosis o desplazamiento secundario de la fractura. En la literatura hay pocos estudios comparativos y escasos datos de resultados a largo plazo.

Un posible algoritmo de tratamiento para el fracaso de la cirugía primaria de la fractura de tobillo sería el detallado a continuación. Una nueva osteosíntesis con un montaje más robusto (placas más largas, más tornillos transindesmales), asociada o no a fijación externa o Steinmann transarticular, se indicaría en los casos donde no exista infección asociada, el tobillo no presente signos degenerativos y el *stock* óseo sea suficiente. En el caso de artrosis articular o *stock* óseo escaso, la técnica más adecuada sería la artrodesis, sintetizada con placa, tornillos aislados o clavo endomedular (**Figura 4**). El fijador externo se reservaría para los pacientes con osteomielitis, donde suele coexistir un *stock* óseo precario y/o unas partes blandas deterioradas. En un estudio reciente de Vaudrevil *et al.*<sup>(12)</sup> analizan los resultados siguiendo este algoritmo y llegan a la

conclusión de que la reosteosíntesis a largo plazo se comporta como una fusión clínica; por tanto, los autores recomiendan la artrodesis para la cirugía de revisión. Los casos tratados con fijador externo no fueron comparados con el resto, dadas las características especiales que presentan.

Una vez acordado que la artrodesis quizás sea la técnica de revisión más óptima en estos pacientes, el tipo de síntesis a utilizar es otro punto de debate. En el trabajo antes referido de Vaudrevil<sup>(12)</sup>, no encontraron diferencias significativas entre el clavo endomedular y los tornillos. Un estudio publicado por Wukich *et al.*<sup>(16)</sup>, donde

comparan los resultados del clavo endomedular en 17 pacientes diabéticos con 23 no diabéticos, los resultados fueron buenos y sin diferencias significativas entre los dos grupos.

Finalmente, conviene señalar que las nuevas terapias están irrumpiendo en este tipo de complicaciones. Un estudio de 2016 de Hernigou *et al.*<sup>(17)</sup> compara los resultados de 86 pacientes diabéticos afectados de una pseudoartrosis de tobillo tratados con aporte de injerto de cresta iliaca, respecto al mismo número de casos tratados con inyección percutánea de células madre mesenquimales procedentes de la médula ósea. Los resultados fueron muy satisfactorios para este segundo procedimiento. A los 6 meses de la inyección, solo el 18% seguía en pseudoartrosis, comparado con el 38% en los casos de aporte de injerto. La tasa de amputaciones finales se redujo de un 6% en los casos de injerto a ningún caso en la inyección de células madre. A su vez, la obtención de células madre mesenquimales tuvo menos complicaciones en la zona dadora de la cresta iliaca y redujo las complicaciones locales en el tobillo, tales como la infección, los problemas cutáneos, la ya mencionada persistencia de pseudoartrosis o la evolución a una artropatía de Charcot.

## Conclusiones

- La asociación entre fractura de tobillo y DM se presentará muy a menudo, dado que ambas patologías son muy prevalentes en nuestra sociedad.

• Las complicaciones que más preocupan pueden englobarse principalmente en 3 grupos: la infección y las relacionadas con la cicatrización de las heridas y la fusión ósea.

• Abordaje multidisciplinar del paciente. Es muy importante una adecuada preparación preoperatoria y un estricto control en el postoperatorio.

• Son especialmente vulnerables a las complicaciones los pacientes con DM complicada (afectación orgánica debido a la diabetes). La población con diabetes no complicada y con controles de glucemia óptimos no presentará más complicaciones que la población no diabética.

• El tratamiento conservador se reservará para pacientes con baja demanda física o con una vasculopatía no solucionable. Las fracturas estables pueden tratarse conservadoramente, aunque hay discusión al respecto.

• Las fracturas inestables tienen mejor resultado si son operadas. Son aconsejables, en muchos casos, osteosíntesis rígidas, ayudadas por estabilizadores articulares como clavos de Steinmann o fijador externo.

• Tanto el tratamiento conservador como el quirúrgico generalmente requerirán de una inmovilización y descarga más prolongada, llegando incluso a ser el doble del tiempo que se prescribiría para la misma fractura en un paciente no diabético.

• En caso de fracaso de la cirugía primaria, la artrodesis parece ser la técnica de revisión más adecuada.

## Bibliografía

1. Wukich DK, Joseph A, Ryan M, Ramirez C, Irrgang JJ. Outcomes of ankle fractures in patients with uncomplicated versus complicated diabetes. *Foot Ankle Int.* 2011;32(2):120-30.
2. Wild S, Roglic G, Green A, Cicree R, King H. Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes Care.* 2004;27:1047-53.
3. Wukich DK. Diabetes and its negative impact on outcomes in orthopaedic surgery. *World J Orthop.* 2015;6(3):331-9.
4. Robinson AHN, Pasapula C, Brosky JW. Surgical aspects of the diabetic foot. *J Bone Joint Surg Br.* 2009;91B(1):1-7.
5. Lovy AJ, Dowdell J, Keswani A, Koehler S, Kim J, Weinfeld S, Joseph D. Nonoperative versus operative treatment of displaced ankle fractures in diabetics. *Foot Ankle Int.* 2017;38(3):255-60.
6. Ganesh SP, Pietrobon R, Cecílio WAC, Pan D, Lightdale N, Nunley JA. The Impact of Diabetes on Patient Outcomes After Ankle Fracture. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87A(8):1712-8.
7. Basques BA, Miller CP, Golinvaux NS, Bohl DD, Grauer JN. Morbidity and Readmission After Open Reduction and Internal Fixation of Ankle Fractures Are Associated With Preoperative Patient Characteristics. *Clin Orthop Relat Res.* 2015;473:1133-9.
8. Chaudhary SB, Liporace FA, Gandhi A, Donley BG, Pinzur MS, Lin SS. Complications of Ankle Fracture in Patients With Diabetes. *J Am Acad Orthop Surg.* 2008;16:159-70.
9. Wukich DK, Armstrong DG, Attinger CE, Boulton AJ, Burns PR, Frykberg RG, et al. Inpatient management of diabetic foot disorders: a clinical guide. *Diabetes Care.* 2013;36:2862-71.
10. Einhorn TA, Boskey AL, Gundberg CM, Vigorita VJ, Devlin VJ, Beyer MM. The mineral and mechanical properties of bone in chronic experimental diabetes. *J Orthop Res.* 1988;6:317-23.
11. Costigan W, Thordarson DB, Debnath UK. Operative Management of Ankle Fractures in Patients with Diabetes Mellitus. *Foot Ankle Int.* 2007;28(1):32-7.
12. Vaudreuil NJ, Fourman MS, Wukich DK. Limb Salvage After Failed Initial Operative Management of Bimalleolar Ankle Fractures in Diabetic Neuropathy. *Foot Ankle Int.* 2017;38(3):248-54.
13. Bibbo C, Lin SS, Beam HA, Behrens FF. Complications of ankle fractures in diabetic patients. *Orthop Clin North Am.* 2001;32:113-33.
14. Facaros Z, Ramanujam CL, Stapleton JJ. Combined circular external fixation and open reduction internal fixation with pro-syndesmotic screws for repair of a diabetic ankle fracture. *Diabet Foot Ankle.* 2010;1(1):5554.
15. Jones KB, Maiers-Yelden KA, Marsh JL, Zimmerman MB, Estin M, Saltzman CL. Ankle fractures in patients with diabetes mellitus. *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87B(4):489-95.
16. Wukich DK, Shen JYC, Ramirez CP, Irrgang JJ. Retrograde ankle arthrodesis using an intramedullary nail: a comparison of patients with and without diabetes mellitus. *J Foot Ankle Surg.* 2011;50:299-306.
17. Hernigou P, Guissou I, Homma Y, Poinard A, Chevallier N, Rouard H, Lachaniette CHF. Percutaneous injection of bone marrow mesenchymal stem cells for ankle non-unions decreases complications in patients with diabetes. *Int Orthop.* 2016;40(7):1375-9.