



Universidad
**Católica de
Valencia**
San Vicente Mártir

TESIS DOCTORAL

**“Cronología de la consolidación ósea del dedo en garra
intervenido en pacientes diabéticos vs no-diabéticos”**

Presentada por:

Cristina Batalla Salgado

Dirigida por:

Dr. D. Carlos Barrios Pitarque

Valencia 2023

*A mi llella, mi faro guía,
quien despertó mi interés por la diabetes.
Siempre en mi memoria.*

AGRADECIMIENTOS

Se dice de agradecer que es *corresponder a un cuidado o atención* y yo durante la realización de este proyecto he tenido la suerte de recibir mucho de esto, por ello mis agradecimientos se los dedico a quienes me han hecho sentir afortunada en esta etapa de mi vida.

Al Dr. Carlos Barrios, por aceptar mi propuesta de estudio, darme libertad para desarrollarlo y hacer que llegar hasta aquí fuera posible.

Al Dr. Javier Ferrer, por su ayuda, disponibilidad y hacerlo todo más fácil.

Al Dr. Francisco Muñoz Piqueras, mi ejemplo a seguir, y Miguel Muñoz, por su colaboración impecable en la evolución clínica de este trabajo. Un equipo se mide por su unión y calidad humana.

A mi madre, por impulsarme siempre a superarme y apoyarme de manera incondicional.

A mi padre, por confiar en mí y hacer que me sienta segura.

A mi hermana, por sus ánimos y complicidad.

A mi Nina, por inculcarme la importancia de una buena preparación.

A mis abuelos, la base sólida de mi crecimiento.

A mi amiga Marta, por hacer que sienta que Valencia también es mi casa y acompañarme en cada paso de esta aventura.

A Joaquín, el mejor compañero de vida que podría tener, por su paciencia y comprensión, por no levantarse de mi lado, por todo lo que me ha demostrado en este periodo y por entender que el avance de uno, es de los dos.

Y al resto de familiares y amigos que en este tiempo me han mostrado su cariño.

RESUMEN

Introducción: El dedo en garra se sitúa como una de las principales artropatías en el pie diabético desencadenante de una de sus mayores complicaciones, las úlceras. La evolución de esta afectación ocasiona uno de los riesgos más graves en el pie diabético, la amputación de los miembros inferiores. Por esta razón la corrección de dichas deformidades es el primer paso para su conservación.

Objetivo: Comparar el tiempo de consolidación ósea de las osteotomías realizadas para la corrección del dedo en garra mediante cirugía de mínima invasiva en pacientes diabéticos vs no diabéticos y analizar la relación existente entre la edad de los pacientes y las puntuaciones de funcionalidad de la escala AOFAS tras la intervención

Método: Se realizó un estudio comparativo de la consolidación ósea de los dedos en garra intervenidos en dos grupos de pacientes, diabéticos y no diabéticos. La corrección quirúrgica siempre se realizó mediante osteotomías digitales por cirugía mínima invasiva y posterior a la intervención se hizo un control fluoroscópico semanal de la consolidación de dichas osteotomías hasta alcanzar la consolidación total. La muestra de participantes final incluyó 45 mujeres de las cuales 23 padecían Diabetes Mellitus. Todas fueron evaluadas con la escala AOFAS 48h antes de la intervención y 90 días después de la misma.

Resultados: El tiempo de consolidación ósea presentó un rango de 24 a 40 días tras la intervención, tardaron menos tiempo en consolidar el hueso los no diabéticos ($34 \pm 3,64$) que los diabéticos ($35 \pm 3,86$), aunque la U de Mann-Whitney no mostró diferencias estadísticamente significativas ($p= 0.409$, $TE= 0.14$ [-0.20 hasta 0.45]) entre los dos grupos. Si se obtuvo una relación estadísticamente significativa ($r= 0.71$, $R^2= 50\%$, $p< 0.001$) entre los días de consolidación y los días de alta, así como la edad y los días de alta ($r= 0.36$, $R^2= 13\%$, $p< 0.001$). Sin embargo, no se encontraron relaciones estadísticamente significativas entre la glucemia pre-intervención y los días de consolidación, ni

de alta ($r= 0.07$, $p= 0.646$ y $r= 0.07$, $p= 0.648$, respectivamente). Las puntuaciones del test AOFAS y la condición de diabetes mostró diferencias estadísticamente significativas, tanto en el efecto principal de diabetes ($F [1,41]= 9.41$, $p = 0.004$) como en la interacción diabetes x edad ($F [1,41]= 9.17$, $p = 0.004$).

Conclusiones: El tiempo de consolidación ósea de los dedos en garra intervenidos mediante osteotomías por mínima incisión es similar entre pacientes diabéticos y no diabéticos, variando los días de alta en relación con la velocidad de consolidación y la mejora de funcionalidad AOFAS en la puntuación posquirúrgica de los pacientes diabéticos y de mayor edad.

Palabras clave: dedo en garra, cirugía mínima invasiva, pacientes diabéticos, consolidación ósea, escala AOFAS.

ABSTRACT

Introduction: Claw toe is one of the main arthropathies in the diabetic foot triggering one of its major complications, ulcers. The evolution of this affection causes one of the most serious risks in the diabetic foot, the amputation of the lower limbs. For this reason, the correction of these deformities is the first step for their preservation.

Objective: To compare bone time healing in osteotomies performed in claw toes correction through minimal invasive surgery in diabetic Vs non-diabetic patients and to analyze the relation between the patient's ages and the AOFAS functional scores after surgery.

Method: a comparative method was performed about the bone time healing in claw toes operated in two groups of patients, diabetic and non-diabetic. The surgery was always done through minimal invasive digital osteotomies and after the intervention, the surgeries were controlled by a fluoroscopic weekly follow up till a complete bone consolidation was reached. The final sample group included 45 women, 23 of them suffered from Diabetes Mellitus. All of them were evaluated with AOFAS scale 48h before and 90 days after the intervention.

Results: The time of bone healing presented a range of 24 up to 40 days after the surgery, took less time of consolidation in non-diabetic patients ($34 \pm 3,64$) as compared to diabetics ($35 \pm 3,86$), although the Mann-Whitney U test did not show statistically significant differences ($p=0,409$, $TE= 0,14$ [-0.20 to 0.45]) between both groups. A statistically significant difference ($r= 0.71$, $R^2= 50\%$, $p< 0.001$) was obtained between the healing days and the day of medical discharge, also between the ages of the patients and the medical discharge ($r= 0.36$, $R^2= 13\%$, $p< 0.001$). However, no statistically significant differences were found between pre-intervention glycemia and days of bone consolidation, neither in medical discharge ($r= 0.07$, $p= 0.646$ y $r= 0.07$, $p= 0.648$, respectively). AOFAS test scores and the diabetes status showed statistically significant differences,

both in the main effect of Diabetes ($F[1,41]= 9.41, p = 0.004$) as in the interaction between diabetes and age ($F[1,41]= 9.17, p = 0.004$).

Conclusions: The bone healing time in claw toes operated through minimal invasive osteotomy surgery is similar between diabetic and non-diabetic patients, varying the medical discharge days in relation with the consolidation speed and the improvement in AOFAS functional scores after surgery in diabetic and elder patients.

Key words: claw toe, minimally invasive surgery, diabetic patients, bone consolidation, AOFAS scale.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	VII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT	XI
índice de figuras y tablas.....	XVII
índice de figuras	XVII
índice de tablas.....	XX
ABREVIATURAS.....	XXI
1.INTRODUCCIÓN	2
1.1 MARCO TEÓRICO.....	2
1.1.1. ANATOMÍA DISTAL DEL ANTEPIÉ.....	3
1.1.2. DEDO EN GARRA	9
1.1.3 DIABETES MELLITUS	17
1.1.4 OSIFICACIÓN.....	29
1.1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	32
2. HIPÓTESIS DEL ESTUDIO	38
3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	42
3.1. OBJETIVO PRINCIPAL	42
3.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS	42
4. MATERIAL Y MÉTODOS	46
4.1. DISEÑO DEL ESTUDIO.....	46

4.2. MATERIAL E INSTRUMENTAL	48
4.2.1. ANAMNESIS	48
4.2.2. VALORACIÓN CLÍNICA.....	49
4.3. PROTOCOLO DE OBTENCIÓN DE DATOS.....	53
4.4. PROCEDIMIENTO QUIRÚRGICO PARA EL TRATAMIENTO DEL DEDO EN GARRA MEDIANTE CIRUGÍA MÍNIMA INVASIVA	55
4.4.1. INSTRUMENTAL QUIRÚRGICO.....	55
4.4.2. TÉCNICA QUIRÚRGICA.....	59
4.5. PROTOCOLO DE SEGUIMIENTO POSTQUIRÚRGICO DE LOS PACIENTES.....	65
4.5.1. VALORACIÓN DE LA CONSOLIDACIÓN ÓSEA POSTQUIRÚRGICA.....	67
4.6. VARIABLES DEL ESTUDIO	68
4.7. ASPECTOS ÉTICOS	69
4.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	70
5. RESULTADOS	75
5.1. Análisis descriptivo del sexo de los participantes.....	75
5.2. Análisis descriptivo de las participantes en base a la presencia o ausencia de Diabetes Mellitus.	76
5.3. Análisis descriptivo de la edad de las participantes.....	77
5.4. Análisis descriptivo de la lateralidad.....	78
5.5. Análisis descriptivo según la condición de fumador o no fumador de las participantes.....	79
5.6. Análisis descriptivo de la presencia de enfermedades osteoarticulares de las participantes.....	79

5.7. Análisis descriptivo de Enfermedades Cardiovasculares.....	80
5.7 Análisis descriptivo de la glucemia y hemoglobina glicosilada pre-intervención.	81
5.8. Análisis descriptivo de la escala EVA.....	82
5.9. Análisis descriptivo de la escala AOFAS.	83
5.10. Análisis descriptivo de la consolidación ósea	86
5.11. Análisis descriptivo de la relación de la Escala AOFAS con la edad en función los grupos de cohortes	89
5.12. Análisis descriptivo de las complicaciones.....	90
6. DISCUSIÓN.....	94
6.1. Limitaciones del estudio	98
6.2. Investigaciones futuras e importancia de los hallazgos encontrados en la práctica clínica.	99
7.CONCLUSIÓN.....	104
8. BIBLIOGRAFÍA.....	107
9.ANEXOS.....	122
9.1. Anexo 1: Documento de recogida de datos prequirúrgico.....	122
9.2. Anexo 2. Cuestionario escalas AOFAS y EVA prequirúrgico	123
9.3. Anexo 3. Documento de recogida de datos postquirúrgico	124
9.4. Anexo 4. Cuestionario escalas AOFAS y EVA postquirúrgico	125
9.5. Anexo 5. Prescripción preoperatoria	126
9.6. Anexo 6. Consentimiento informado.....	127
9.8. Anexo 8. Artículo Publicado.....	129

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Dedo en garra. *Toma de Ortopediaplus	9
Ilustración 2: Valoración del dedo en garra. Clínica Piqueras, Madrid.	11
Ilustración 3: Radiografía dorso-plantar en carga para valoración prequirúrgica. Clínica Piqueras, Madrid.	11
Ilustración 4: Factores predisponentes. *Tomada de Blanes JI et al. Documento de consenso sobre el tratamiento de infecciones en el pie diabetico. Rev Esp Quimioter. 2011; 24(4):233-62.	25
Ilustración 5: Escala AOFAS. Dolor.....	50
Ilustración 6: Escala AOFAS. Limitaciones de la actividad.	50
Ilustración 7: Escala AOFAS. Tipo de calzado.	50
Ilustración 8: Escala AOFAS. Movilidad MTF.....	50
Ilustración 9: Escala AOFAS. Movilidad IF.....	51
Ilustración 10: Escala AOFAS. Estabilidad MTF-IF.....	51
Ilustración 11: Escala AOFAS. Valoración de callosidades.....	51
Ilustración 12: Escala AOFAS. Alineamiento.....	51
Ilustración 13: Escala Visual Analógica. Tomada de: Cid J et al. ¿Qué y cómo evaluar al paciente con dolor crónico? Rev. Med. Clin. Condes. 2014; 25(4)687- 697.	53
Ilustración 14: Apartado de antecedentes personales del documento de recogida de datos prequirúrgicos.	54

Ilustración 15: Apartado de aclaraciones de datos positivos en la sección de antecedentes personales del documento de recogida de datos prequirúrgicos.	54
Ilustración 16: Evaluación semanal postquirúrgica.....	55
Ilustración 17: Mango de tipo Beaver y hoja nº64	56
Ilustración 18: Fresa Shannon Isham 44 corta	57
Ilustración 19: Pieza de mano	57
Ilustración 20: Fluoroscopio.....	58
Ilustración 21: Monofilamento Nylon 4.0	58
Ilustración 22: Quirófano Clínica Piqueras, Madrid.	59
Ilustración 23: Fluoroscopia 2º dedo en garra. Clínica Piqueras, Madrid.	60
Ilustración 24: Incisión vía de acceso a falange proximal. Clínica Piqueras, Madrid.	61
Ilustración 25: Incisión vía de acceso a falange media. Clínica Piqueras, Madrid.	61
Ilustración 26: Introducción de fresa Shannon Isham 44 corta por vía de acceso creada para la realización de la osteotomía en la falange proximal. Clínica Piqueras, Madrid.	62
Ilustración 27: Teoría de los cuadrantes	62
Ilustración 28: Introducción de la fresa Shannon Isham 44 corta para la realización de la osteotomía en la falange media. Clínica Piqueras, Madrid....	63
Ilustración 29: Cedida por E. Nieto A) diseño de doble osteotomía en dedo en garra, osteotomía proximal en falange proximal y osteotomía distal en falange media; B) cierre de la osteotomía de la falange media; C) cierre de la osteotomía	

distal de la falange proximal; D) cierre de la osteotomía proximal de la primera falange con reducción completa de la deformidad.	64
Ilustración 30: Vendaje posquirúrgico paso a paso (control circular, corbatas proximales, corbatas distales). Clínica Piqueras, Madrid.	66
Ilustración 31: Valoración fluoroscópica semanal del grado de consolidación y el rango de reparación funcional asociado. Fluoroscopias realizadas en Clínica Piqueras, Madrid.	68
Ilustración 32: Gráfico porcentual en base al sexo de los candidatos para la realización del estudio.	75
Ilustración 33: Diagrama de flujos del proceso de selección y análisis de los participantes incluidos en el presente estudio.	76
Ilustración 34: Gráfico porcentual de cohortes (diabetes vs no diabetes)	77
Ilustración 35: Gráfico de edad de los participantes.	78
Ilustración 36: Gráfica porcentual de lateralidad de los pies intervenidos.	78
Ilustración 37: Gráfico de condición de fumador vs no fumador.	79
Ilustración 38: Gráfico de cohortes de Enfermedades Osteoarticulares.	80
Ilustración 39: Gráfico de frecuencia de enfermedades cardiovasculares.	81
Ilustración 40: Gráfico del tiempo de consolidación de los grupos de cohorte.	88
Ilustración 41: Relación existente entre la diferencia de las puntuaciones AOFAS y la edad en función de la condición de los pacientes (diabéticos vs no diabéticos)	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación Wagner para las lesiones del pie diabético.	25
Tabla 2: Clasificación de Gibbons para la severidad de las lesiones en el pie diabético.....	26
Tabla 3: Clasificación de las lesiones del pie diabético por la Universidad de Texas.	26
Tabla 4: Escala de Montoya. Calderón Garcidueñas J et al. Fracturas con retardo en la consolidación ósea o pseudoartrosis: tratamiento no invasivo con electroestimulación galvánica transcutánea. Rev Mex Ortop Traum. 2001; 15(6): 262-265.	67
Tabla 5: Valores Vitamina D.....	80
Tabla 6: Valores de Glucemia pre-intervención.....	82
Tabla 7: Valores Hemoglobina Glicosilada.....	82
Tabla 8: Valores Escala EVA pre y postquirúrgicos	82
Tabla 9:Relación Escala AOFAS pre y postquirúrgicos.	87
Tabla 10: Comparación AOFAS Pre/Post de los dos grupos de estudio (diabéticos vs no diabéticos)	85
Tabla 11: Relación del grado de consolidación por semanas.....	86
Tabla 12: Clasificación del rango de reparación funcional en relación con el grado de consolidación y el tiempo.....	87
Tabla 13: Resumen del tiempo de consolidación por días.....	87
Tabla 14: Relación estadística entre días de consolidación y de alta.....	88

ABREVIATURAS

AMTF. Articulación metatarsofalángica

AIF. Articulación interfalángica

DM. Diabetes Mellitus

PTOG. Prueba de tolerancia a la glucosa

GAD. Anti-Glutamato decarboxilasa

HLA. Antígeno Leucocitario Humano

OMS. Organización Mundial de la Salud

AINES. Antiinflamatorios no esteroideos

CMI. Cirugía Mínima Invasiva

PRP. Plasma Rico en Plaquetas

AOFAS. American Orthopaedic Foot & Ankle Society

IF. Interfalángica

MTF. Metatarsofalángica

EVA. Escala Visual Analógica

ENA. Escala Numérica Análoga

EVERA. Escala Verbal Análoga

POST. Después de.

PRE. Antes de.

D. Dorsal

P. Plantar

RUST. Radiographic Union Score in Tibial Fractures

RUSH. Radiographic Union Score for Hip

RUSS. Radiographic Union Score for Radius.

ANCOVA: Análisis de Covarianza.

r: Coeficiente de correlación.

R^2 : Coeficiente de determinación.

ADA. American Diabetes Association.

CAPÍTULO I.

Introducción

1.INTRODUCCIÓN

1.1 MARCO TEÓRICO

Desde el principio de los tiempos el ser humano se ha visto obligado a adaptarse al medio para sobrevivir. Los diversos cambios climáticos, las necesidades fisiológicas y las relaciones no sólo han influido en sus funciones físicas, sino que también en sus cambios estructurales. A pesar de ser el mamífero que menos variaciones ha experimentado, las regiones anatómicas que forman el cuerpo han sufrido modificaciones para adaptarse al terreno y a la vida. El papel de los miembros inferiores ha sido muy importante para su supervivencia y el desarrollo de los pies ha logrado resultados muy favorables y articulados en relación con los de nuestros ancestros. (1)

El pie humano como lo conocemos está compuesto por 26 huesos que lo dividen desde proximal a distal en tres grupos: retropié, mediopié y antepié. En el primer grupo se sitúan los denominados Astrágalo y Calcáneo; en el segundo los conocidos como Cuboides, Escafoides y 3 Cuneiformes; y por último en el grupo más distal, 5 Metatarsianos y 14 Falanges. Además, se localizan dos supernumerarios comunes bajo la primera cabeza metatarsal complementando esta área del esqueleto, los sesamoideos. Las uniones capsulares y articulares que lo forman, junto con el sistema músculo-tendinoso, permiten la movilidad de este.

Se describen tres tipos de pie en base a la longitud de los primeros dedos, egipcio (primer dedo más largo que el segundo), griego (segundo dedo más largo que el primero) y cuadrado (primero y segundo dedo iguales), considerándose dentro de la normalidad cualquiera de estas formulaciones. (2)

1.1.1. ANATOMÍA DISTAL DEL ANTEPIÉ

1.1.1.1. FALANGES

Distales a los huesos del metatarso hallamos las falanges, catorce huesos largos que como en la mano configuran los dedos de los pies. Cada dedo cuenta con tres de estas falanges: proximal, media y distal; a excepción del primer dedo (Hallux) que sólo lo forman dos, una falange proximal y otra distal. Presentan longitud variable y estructura común compuesta por una base proximal, el cuerpo o diáfisis y la cabeza distal.

1.1.1.1.1. FALANGE PROXIMAL

Presentan una base cóncava que articula con los metatarsianos y permite la inserción de los músculos interóseos y lumbricales. Es la más larga de las falanges, cuenta con una extensa diáfisis cilíndrica convexa en su cara dorsal y de concavidad plantar. Su cabeza se une a la falange media formando la Articulación Interfalángica Proximal.

1.1.1.1.2 FALANGE MEDIA

La base de la falange media articula con la cabeza de la falange proximal formando una bisagra articular, en su cara dorsal se inserta el Extensor Digitorum Longus. El cuerpo es cilíndrico y más corto que el de la falange proximal, se caracteriza por una convexidad en su cara dorsal y concavidad en la plantar donde se inserta el Flexor Digitorum Brevis. La cabeza presenta una forma bicondílea que articulará con la base de la falange distal y servirá de punto de inserción de los ligamentos colaterales. (3)

1.1.1.1.3 FALANGE DISTAL

En su base articular con la falange media termina la inserción de la musculatura extensora y flexora larga de los dedos, por su cara dorsal y plantar respectivamente. La diáfisis de esta última es más corta que la de la media y proximal. En su morfología destaca la forma triangular de su porción más distal sobre la que encontramos el lecho ungueal en la aplanada cara dorsal.

1.1.1.2. ARTICULACIONES DIGITALES

1.1.1.2.1. ARTICULACIONES METATARSOFALÁNGICAS

La base de las falanges proximales presenta una cavidad glenoidea que articula con la cabeza de los metatarsianos formando una articulación condílea que permite movimientos en dos planos, sagital y transversal. Al tratarse de una articulación de tipo diartrosis, los movimientos en relación con estos planos son de flexo-extensión para el sagital y abducción-aducción para el transversal.

Cada articulación está envuelta por un manguito fibroso denominado cápsula articular que permiten la unión de los huesos que la forman. El interior de la cápsula está formado por una membrana sinovial que produce líquido y proporciona lubricación a los extremos óseos. En la superficie plantar de la cápsula se produce un engrosamiento fibrocartilaginoso que da lugar al complejo capsulo-ligamentoso. La estabilización de la articulación viene dada por la placa plantar, los ligamentos colaterales, la cápsula, el ligamento intermetatarsiano transversal profundo, los músculos y tendones flexores y extensores. La placa plantar es el principal estabilizador, capaz de resistir las fuerzas compresivas y de flexo-extensión gracias a su estructura fibrocartilaginosa compuesta principalmente de colágeno. Le rodean más inserciones ligamentosas y de vainas, como es el caso de los ligamentos colaterales que proporcionan expansión extensora y permiten la fijación de ésta a la cápsula dorsal. (4)

Las articulaciones metatarsofalángicas evitan su subluxación gracias también al ligamento intermetatarsal transverso profundo que proporciona estabilidad articular por medio de la conexión que mantiene entre las cabezas metatarsales.

1.1.1.2.2. ARTICULACIONES INTERFALÁNGICAS

Existen dos articulaciones interfalángicas para los dedos menores de los pies, una proximal y otra distal, mientras que una única para el primer dedo.

Las articulaciones interfalángicas proximales conectan la falange proximal con la media, son de tipo bisagra y permiten la flexo-extensión de los dedos, sus cápsulas articulares están reforzadas por los ligamentos colaterales y plantares.

Las distales unen la falange media con la distal, también de tipo troclear realizan movimientos en el eje sagital y pueden moverse lateralmente de manera pasiva.

1.1.1.3 MUSCULATURA DE LOS DEDOS MENORES

1.1.1.3.1. MÚSCULOS EXTENSORES DE LOS DEDOS

- **Músculo Extensor Largo de los dedos:** se origina en la tuberosidad externa de la tibia, cresta superior del peroné y membrana interósea. En su recorrido hacia el pie se divide en un tendón que se dirige hacia el 2º dedo y otros que van al resto de dedos menores insertándose en la aponeurosis dorsal de cada dígito. Entre sus funciones destacan la extensión de los dedos, flexión de tobillo, pronación y abducción.
- **Músculo Extensor Corto de los dedos o Pedio:** se trata de un músculo particular del pie con origen en la superficie superior externa del calcáneo y discurre formando cuatro vientres musculares que se insertarán en el tendón del extensor largo del 2º, 3er y 4º dedo y el 1er vientre en la falange proximal

del hallux. Su función aparte de extensora de los dedos es corregir las desviaciones mediales del largo.

1.1.1.3.2. MÚSCULOS FLEXORES DE LOS DEDOS

- **Músculo Flexor Largo Común de los dedos:** con origen en la cara posterior de la tibia este músculo peniforme pasa por detrás del maléolo tibial avanzando por plantar hasta cruzarse con el flexor del hallux para insertarse en las falanges distales de los cuatro últimos dígitos, donde nacerán los lumbricales. Su función será flexionar los dedos en los que se inserta, extender el tobillo y estabilizar los arcos plantares.
- **Músculo Flexor Corto de los dedos:** se origina en la tuberosidad medial del calcáneo y está protegido por la fascia plantar. En el extremo distal del mediopié se dividen en cuatro tendones que se partirán de nuevo en dos bandas en la falange proximal hasta insertarse en la cara plantar de la falange media. Tienen la función de flexionar la articulación metatarsofalángica e interfalángica proximal, además de estabilizar las bóvedas plantares.

1.1.1.3.3. MÚSCULOS LUMBRICALES

Este grupo de cuatro pequeños músculos tiene origen en los tendones del flexor largo de los dedos y se insertan en la aponeurosis dorsal medial de la base de la falange proximal del segundo al quinto dedo. Su acción es flexionar plantarmente y aducir las AMTF de los dedos menores, además de extender las interfalángicas de los mismos.

1.1.1.3.4. MÚSCULOS INTERÓSEOS

- **Músculos interóseos plantares:** con origen plantar medial en la diáfisis del tercer al quinto metatarsiano, este trio muscular en su paso hacia distal atraviesa el ligamento metatarsal transversal profundo hasta insertarse en la cara medial de la base de las falanges proximales. Tienen la función de flexionar las respectivas AMTF y extender las AIF.
- **Músculos interóseos dorsales:** se interponen entre las diáfisis de los metatarsianos por la cara medial y lateral del respectivo. El primer vientre se inserta en la cara medial de la base de la falange del segundo dedo y los otros tres tendones en la porción medial de la base de la segunda a la cuarta falange proximal. Su función es flexión y abducción de la 2^o a la 4^o AMTF y extensión de las AIF de los mismos dedos.

1.1.1.4 VASCULARIZACIÓN DIGITAL

El pie recibe irrigación arterial gracias a la aportación que realizan la Arteria Tibial Anterior a su vascularización dorsal y la Tibial Posterior con sus ramas plantar medial y lateral a la vascularización plantar. En su trayecto hasta llegar a los dígitos realizan bifurcaciones que pasan previamente de manera superficial y profunda por los metatarsianos. Cuatro arterias metatarsales dorsales darán lugar a dos arterias digitales dorsales por espacio, que junto con las colaterales darán aporte sanguíneo al dorso de los dedos. Por la cara plantar, las distintas ramificaciones de la Arteria Plantar lateral y medial darán lugar a una red que en su término proporcionarán aporte a las articulaciones interfalángicas de los dedos y a la matriz ungueal. (3,5)

El sistema venoso de los dedos se divide en superficial y profundo formando anillos dorsales y plantares alrededor de las falanges que discurren perpendiculares a pequeñas venas oblicuas que rodean los laterales de los dedos y juntos forman el Arco Venoso Distal. Las venas, paralelas a las arterias

llegan hasta el pulpejo de los dedos donde ocasionan anastomosis arteriovenosas y donde se pueden encontrar diversos plexos subungueales que originarán venas interdigitales. (5)

1.1.1.5 INERVACIÓN DIGITAL

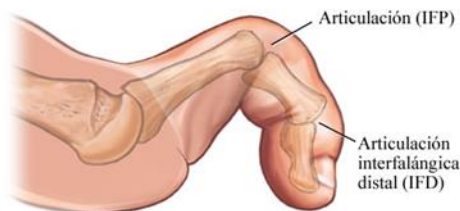
La inervación del pie tiene origen en el plexo lumbar y sacro con el nervio Ciático y Femoral. El ciático da lugar a nivel poplíteo al Tibial Posterior para inervar la cara posterior de la pierna, pasando en su trayecto hacia el pie por detrás del maléolo tibial y originando el nervio Calcáneo Medial. En su avance origina el Nervio Plantar Medial y Lateral. El medial inervará parte de la musculatura digital medial ocasionando tres nervios digitales plantares comunes y uno digital plantar propio del primer dedo. Por su parte el lateral inervará la porción correspondiente al 5º dedo y formará una rama superficial y otra profunda. La superficial generará el Interóseo Dorsal, la cual se bifurcará dando lugar al Nervio Digital Plantar propio del 5º y Digital Plantar del 4º. El quinto dedo también recibirá inervación del Nervio Sural, que además contará con una rama medial localizada en el cuarto espacio interóseo donde nacerá el Nervio Digital Dorsolateral del cuarto. (6)

Lateral a la musculatura peroneal de la pierna discurre el Nervio Peroneo Superficial del que se origina el Nervio Cutáneo Dorsal. Se divide en un nervio digital dorsal para el cuarto dedo y otra rama medial para el primer espacio, segundo y tercer dedo. Otras dos ramas provenientes del Nervio Peroneo Profundo inervarán los dígitos, la lateral para los extensores y la medial para el primer espacio interdigital. (7)

1.1.2. DEDO EN GARRA

1.1.2.1 DEFINICIÓN. ETIOLOGÍA

El dedo en garra se define como una deformidad digital caracterizada por la hiperextensión de la articulación metatarsofalángica acompañada de la flexión de la interfalángica proximal y distal. (8) (Ilustración 1)



*Ilustración 1: Dedo en garra. *Toma de Ortopediaplus*

Esta alteración se manifiesta clínicamente en los dedos menores de los pies, cuando la deformidad es reductible de manera pasiva se considera un trastorno dinámico, por el contrario, si no se reduce será catalogado como estático. (9)

Su origen multifactorial puede estar asociado a una enfermedad tendinosa o sistémica, a una patología del hallux o a una contractura del flexor y extensor largo de los dedos, que con el progreso de la deformidad alteran la función de los músculos interóseos y lumbricales. (9,10) Existen otras causas desencadenantes como el pie cavo, pie equino funcional, enfermedades neuromusculares (poliomielitis, parálisis cerebral, esclerosis múltiple, mielodisplasia), enfermedades reumáticas (artritis, artrosis), congénitas, alteración de la fórmula metatarsal (Index Minus), traumatismos, calzado inadecuado o posturas nocivas mantenidas en el tiempo. (11,12)

1.1.2.2. PATOMECÁNICA

La alteración de las funciones musculares y su relación con la dinámica del pie constituyen uno de los principales factores para el desarrollo de la deformidad del dedo en garra para el que se describen tres modelos patomecánicos: (13)

- **Modelo de sustitución flexora:** se da en el momento de propulsión de la marcha, cuando ante un Tríceps Sural débil el Flexor Largo Común de los dedos aumenta su fuerza de contracción para reemplazar su acción.
- **Modelo de sustitución extensora:** aparece frecuentemente en pies cavos, equinos o neuropáticos. Tiene lugar en la fase de balanceo de la marcha o choque de talón cuando el Extensor Largo Común de los dedos aumenta su acción respecto a los lumbricales e interóseos, produciéndose un desequilibrio entre la musculatura flexora y extensora.
- **Modelo de estabilización flexora:** se produce en la fase de apoyo medio de la marcha cuando los flexores generan ventaja respecto a los interóseos. Se asocia a una pronación de la articulación subastragalina, típico en pies planos y es el patrón más frecuente que causa la deformidad.

1.1.2.3. DIAGNÓSTICO

La valoración se inicia con un examen físico del paciente en sedestación y carga. La exploración en descarga permite observar la deformidad, la existencia de callosidades sobre las prominencias óseas del dedo e hiperqueratosis plantares por mal apoyo, realizar maniobras pasivas para determinar el grado de desarrollo y la reductibilidad de la patología, además de la posible subluxación de la AMTF,

y predecir en base a la anamnesis y, a una evaluación vascular y sensitiva del paciente, si existe riesgo de ulceración. La exploración en carga se realizará en bipedestación estática y en dinámica, se podrán medir las presiones máximas baropodométricas y objetivar el patrón patomecánico desencadenante de la deformidad. (Ilustración 2)



Ilustración 2: Valoración del dedo en garra. Clínica Piqueras, Madrid.

El estudio debe incluir radiografías simples en todas las proyecciones: anteroposterior, que mostrará las articulaciones metatarsofalángicas e interfalángicas; lateral, que mostrará la relación entre el eje del metatarsiano y la falange proximal, y la de los ejes interfalángicos; y oblicua. En todas ellas se examinarán los posibles cambios articulares degenerativos, la presencia de osteofitos o los quistes subcondrales. (11,14) (Ilustración 3)



Ilustración 3: Radiografía dorso-plantar en carga para valoración prequirúrgica. Clínica Piqueras, Madrid.

La presencia de la deformidad puede aparecer en tres rangos: ligera, cuando no existe una contractura fija de la AIF o la AMTF y la deformidad incrementa en carga; moderada, cuando existe una contractura fija en la flexión de la AIF proximal sin detectarse en extensión de la AMTF; o severa, cuando existe una contractura fija en la flexión de la AIF y extensión de la AMTF, con luxación o subluxación de la falange sobre la cabeza del metatarsiano. (15)

1.1.2.4. TRATAMIENTO

El tratamiento de elección para la deformidad del dedo en garra varía según el rango de deformidad, el dolor o la edad y necesidades del paciente. En caso de una deformidad ligera reductible en un paciente pediátrico, autores especializados recomiendan ortesis de silicona para recolocar los segmentos del dedo afectado, junto con un soporte plantar que equilibre las cargas y mejore su desarrollo biomecánico. (16)

Cuando a la deformidad se suma la aparición de un heloma, se realizará desbridamiento de este y se valorará si la frecuencia de su aparición será controlada de manera eficaz solo con tratamiento conservador. La formación de los helomas es común localizarla en la cara dorsal de la articulación interfalángica y debido a las fricciones que en esta zona reciben son el origen de numerosas lesiones pre-ulcerosas. Razón por la que de manera preventiva se considera la realización de un tratamiento menos conservador, como la opción más correctiva. (17)

1.1.2.4.1. TRATAMIENTO QUIRÚRGICO

El Consejo General de Colegios Oficiales de Podólogos de España publica en 2009 una guía práctica de protocolos quirúrgicos donde destacan los principios fundamentales de la cirugía podológica: *corrección de las deformidades del pie, eliminación de las lesiones restaurando la anatomía y funcionalidad del pie*

eliminando o disminuyendo los procesos dolorosos, mejorando así la deambulaci3n y calidad de vida del paciente.

La correcci3n quir3rgica de las deformidades del pie puede realizarse mediante cirug3a tradicional o a campo abierto, o mediante cirug3a m3nima invasiva o percut3nea. Las t3cnicas conocidas como tradicionales o a campo abierto son cada vez m3s sustituidas por las de m3nima incisi3n, el motivo est3 relacionado con la menor agresividad a los tejidos con las t3cnicas percut3neas, aunque la elecci3n de un m3todo u otro es f3cil que genere controversia. (13) Mientras que algunos especialistas destacan que la cirug3a m3nima invasiva reduce los tiempos postoperatorios, disminuye las complicaciones, el riesgo de infecciones superficiales y el control es m3s cuidadoso, (18,19) otros hacen hincapi3 en el sangrado propio de la MIS y el aumento del hematoma local en los intervenidos con estas t3cnicas, contraindic3ndolas en caso de enfermedades sist3micas graves y destacando del campo abierto la visualizaci3n detallada de las estructuras implicadas en la cirug3a para la resoluci3n de los casos m3s complejos. (20)

1.1.2.4.1.1. CIRUG3A ABIERTA

En la literatura existente se describen diversas t3cnicas quir3rgicas para la correcci3n dedo en garra, entre las que destacan la artroplastia o la artrodesis de las articulaciones interfal3ngicas afectadas en esta deformidad, adem3s de liberaciones de partes blandas mediante tenotom3as o capsulotom3as y transposiciones tendinosas. (21)

La artroplastia consiste en la resecci3n de la cabeza o la base de la falange proximal con la intenci3n de corregir la deformidad creando una nueva articulaci3n y eliminando la prominencia del dedo causante de helomas dorsales. El abordaje quir3rgico se completa con la liberaci3n de los ligamentos colaterales y se suturan favoreciendo la alineaci3n con la musculatura extensora. (22) Cabe

destacar la importancia que tiene el control del acortamiento del dedo intervenido para la conservación de la placa plantar y la funcionalidad metatarsofalángica, ya que la descompensación respecto al dígito adyacente puede provocar transferencia de cargas durante la marcha. (23)

La artrodesis se realiza fusionando la parte restante de la falange proximal tras de la resección de la cabeza y cuello quirúrgico con la remanente de la falange media tras la resección de su porción distal. Esta unión término-terminal se fija con agujas Kirschner principalmente, aunque también puede realizarse con implantes intramedulares, clavos absorbibles o tornillos. (24) Se recomienda una fijación sólida para evitar una mala unión, así como un abordaje adecuado del desequilibrio muscular que en ocasiones precisa de alargamiento o transposición tendinosa para evitar recidivas de la deformidad o metatarsalgias compensatorias. (25)

Un estudio reciente ha comparado estas dos técnicas concluyendo que la eficacia y funcionalidad de ambas es similar, no mostrando diferencias significativas entre los resultados clínicos. (26)

1.1.2.4.1.2. CIRUGÍA MÍNIMA INVASIVA

La cirugía mínima invasiva y su aplicación en el pie ha evolucionado desde que en 1945 Morton Polokoff describiera un tipo de cirugía subcutánea para la que se utilizaban materiales de abordaje muy reducidos, aunque no fue hasta 1960 cuando Probbler y Weinstock introdujeron técnicas osteoarticulares con la utilización de un motor eléctrico y fresas para que estas técnicas diera el gran salto. (27,28) Hasta llegar a nuestros días ha sido intensa la curva de aprendizaje de la CMI y su expansión mundial desde que naciera en Estados Unidos. En nuestro país destacan cirujanos muy especializados que iniciaron su andadura con el estadounidense Dr. Isham, referente en la cirugía percutánea del pie. Hoy España cuenta con una asociación fundada en la década de los 90, la Asociación de Cirugía de Mínima Incisión del Pie (AEMIS) que se encarga de formar a las

nuevas generaciones y cuya élite publicó un libro con los procedimientos más actuales en 2017 denominado *Cirugía Mínima Invasiva del Pie*. (29)

Este tipo de cirugía en el pie cumple una serie de principios claros que la hacen tan particular: (28)

- Procedimientos ambulatorios, ya sean técnicas simples o multitécnicas en un mismo acto.
- Incisiones mínimas.
- Anestesia locoregional, a la que se le suma en ocasiones sedación monitorizada por Médico Anestesiista.
- Mínimo trauma o daño a los tejidos.
- Libre de hemostasias.
- Fluoroscopio, para el control visual de campo.
- Instrumental específico.
- Vendaje específico.
- Deambulación inmediata.

La cirugía digital del dedo en garra por técnicas MIS ofrece un abanico de opciones según el grado de deformidad del paciente, el rango de movilidad de las articulaciones implicadas o el desequilibrio tendinoso. Entre los procedimientos que se utilizan actualmente encontramos la artroplastia S-Toe, artrodesis, osteotomías digitales completas o incompletas y liberación de partes blandas mediante tenotomías, estas últimas consideradas actuaciones complementarias ya que la corrección definitiva del dedo está a expensas de partes óseas. (29)

La artroplastia S-Toe fue descrita por el Dr. Strauss en 1980 y difundida en España en 1990. Está indicada principalmente ante la presencia de hipertrofia de la cabeza de la falange proximal o para dedos hiperlongos y la particularidad de la técnica se centra en la extracción del fragmento distal de la cabeza de la falange proximal para la alineación y acortamiento del dedo. (30)

La artrodesis se indica para casos de deformidad grave o enfermedades sistémicas que alteren las fusiones osteoarticulares, este método se caracteriza por la eliminación de las carillas articulares de la base de la falange media y cabeza de la proximal, fusionando los segmentos restantes de las falanges con la pasta ósea ocasionada de la eliminación realizada, favoreciendo así la unión sin la necesidad de agujas Kirschner. (24,25)

Las osteotomías completas o sección quirúrgica completa del hueso se pueden realizar ante cualquier deformidad digital y permite combinarse con exostectomías de prominencias óseas, capsulotomías o liberación de partes blandas. Sin embargo, se aconsejan principalmente en casos de dígitos largos respecto al resto, dígitos con componente rotacional varo o valgo, o dígitos con retracción flexo-extensora, ya sea por pie cavo o alteración neurológica; y están absolutamente contraindicadas ante la presencia de infecciones. (31)

Cuando estas osteotomías conservan la cortical dorsal o plantar del hueso (falanges) seccionado se describen como osteotomías incompletas. Junto con las completas, las osteotomías son las técnicas más utilizadas para la corrección del dedo en garra por CMI. La característica más destacada de este tipo de procedimientos es realizar el corte en forma de cuña con una apertura en el lado opuesto a la deformidad, dejando intacta la cortical que permitirá el cierre angulado para la alineación del dígito. Esa conservación, permite que la osteotomía sea más estable que cuando es completa y evita de ese modo el desplazamiento de los segmentos óseos, por lo que disminuye las complicaciones y el resultado no muestra tanto acortamiento del dedo. (32,33)

Las tenotomías permiten la relajación de las estructuras del dedo principalmente cuando la deformidad que presenta es irreductible. Pueden ser parciales en caso de deformidades semi reductibles o totales en caso de irreductibilidad total. Esta actuación sobre los tendones flexores o extensores del dedo es sencilla y se realiza con una hoja de bisturí Beaver, aunque un estudio publicado en 2019 da la opción de realizarla de manera aún más mínima y eficaz con una aguja. (34) Sin embargo, a pesar de su sencillez, en el mismo año se publica un estudio que señala que las tenotomías asociadas a osteotomías incompletas retardan la recuperación del dedo intervenido y aumenta el riesgo de complicaciones. (32)

1.1.3 DIABETES MELLITUS

La diabetes mellitus se define como el grupo de trastornos metabólicos caracterizados por una hiperglucemia crónica debido a una deficiencia de la secreción de la insulina en el páncreas, a un defecto en su acción, o a ambas razones. (35,36) Su etiología permite clasificarla principalmente en tres tipos (tipo 1, tipo 2 o gestacional), aunque pueden darse otros tipos específicos de situaciones concretas poco frecuentes. (35)

La incidencia de esta enfermedad crece cada día según informes de la Organización Mundial de la Salud (37) y de la Federación Internacional de la Diabetes. (38) En las dos últimas décadas los casos han aumentado superando el 102% a nivel mundial, principalmente en los países con mejores niveles socioeconómicos, asociando este porcentaje a los malos hábitos alimenticios y como consecuencia al aumento de obesidad en la población. (39) En España se estima una prevalencia de hasta el 18% de DM tipo 2 y la sitúa en el tercer puesto de enfermedades causantes de mortalidad en mujeres debido a las complicaciones de alteraciones cardiovasculares que provoca. (40) A nivel mundial se han duplicado las cifras desde finales del siglo pasado, superando en el último año los 463 millones de personas que la padecen, representado el 90% los pacientes con tipo 2. (41) Se estima que esta cifra se incremente hasta los 700 millones de personas para el año 2045, (42) lo que dispararía las facturas hospitalarias derivadas de los tratamientos por esta enfermedad.

El diagnóstico de la DM se inicia con una anamnesis clínica de los pacientes con descompensaciones metabólicas donde es importante conocer la edad, los antecedentes familiares, sus características o fenotipo, signos y síntomas circunstanciales para proceder al examen pertinente. (43) La principal prueba diagnóstica consiste en la medición de los niveles de glucosa en ayunas, valores de glucemia en ayunas iguales o superiores a 1,26g/l indican la presencia de signos clínicos que con una nueva determinación de glucosa al azar (no importa cuando se realizó la última comida) mayor a 2g/l confirmarían el diagnóstico. (35,43) Algunos pacientes con antecedentes familiares, sobrepeso u otras

descompensaciones, que muestran de manera continuada alteraciones de la glucosa en ayuna les sitúa en un estado prediabético con riesgo de padecer la enfermedad. (35)

La prueba de la hemoglobina glicosilada es otro examen para el diagnóstico de la DM, consiste en medir el valor promedio de glucosa en sangre durante los últimos tres meses. Niveles superiores al 6,5% indicarían diabetes e inferiores a 6,4% y superiores a 5,7% prediabetes. A pesar de que esta prueba diagnóstica ayuda al control de estados prediabéticos existe controversias en su utilización, algunas entidades señalan que sus datos pueden ser erróneos en pacientes con ciertas anemias o hemoglobinopatías (44) y el Comité Internacional de Expertos para el diagnóstico de la diabetes advierte que el 0,5% de los pacientes que tienen niveles superiores a 6,5% de hemoglobina glicosilada, presentan valores inferiores a 1,26 g/l en ayunas, y por el contrario otros que superan esta cifra de glucemia en ayunas, presentan niveles normales de hemoglobina. (45)

La Asociación Americana de Diabetes, recomienda tanto las pruebas de glucemia en ayunas y al azar como la hemoglobina glicosilada, además de la prueba de tolerancia oral a la glucosa, sobre todo en embarazadas y niños. (46)

La PTOG se inicia tomando una muestra de sangre para la medición de glucosa en ayunas, acto seguido el paciente se tomará un líquido glucosado con 75g de azúcar y se le volverá a medir la glucosa. Los resultados normales para esta prueba serían 92mg/dl (5,1 mmol/l) de glucosa basal, 180 mg/dl (10 mmol/l) a la hora de haber ingerido la solución glucosada y 153mg/dl (8,5 mmol/l) a las dos horas, y se considera positivo el diagnóstico de diabetes gestacional con la alteración de un único valor anormal. (47)

1.1.3.1. TIPOS DE DIABETES

- **Diabetes tipo 1:**

Se produce por la destrucción de las células beta del páncreas ocasionando déficit en la síntesis de insulina. Este tipo está presente entre el 5-10% de los

diabéticos y en su mayoría es de etiología autoinmune con asociación a los HLA y genes DQA y DQB. Entre sus marcadores de destrucción encontramos anticuerpos contra los islotes de Langerhans, la insulina, GAD o la tirosina fosfatasa. El conjunto de estos componentes de alteración de las células provoca cetoacidosis, desencadenando la primera manifestación clínica de la enfermedad en niños y adolescentes. Cuando la causa es idiopática ocasiona insulinopenia permanente y su cetoacidosis es puntual, por lo que la deficiencia de insulina es variable. Este otro tipo de manifestación de la enfermedad es altamente hereditaria y no presenta asociación con los HLA, la necesidad de insulina en estos casos es intermitente, mientras que el caso de tipo autoinmune es absoluta.(48)

El tratamiento por excelencia para la Diabetes tipo 1 es la insulina, su eficacia se descubrió en 1921 de la mano de Bating y Best, que junto a MacLeod y Collip la administraron por primera vez en 1922. (49) Con el paso del tiempo la educación diabetológica y los avances tecnológicos han logrado mejorar el control de la enfermedad con nuevos hipoglucemiantes, insulinas de acción ultrarrápidas, bombas de insulina o monitorización continua de glucosa intersticial, favoreciendo la calidad de vida de los pacientes y disminución de riesgos. (50,51)

- **Diabetes tipo 2:**

Propia del 90 al 95% de los diabéticos, en su mayoría adultos, se manifiesta por una resistencia o deficiencia a la insulina, incluso por un defecto en su secreción, y suele ir asociada a otros trastornos metabólicos. El desarrollo de esta hiperglucemia es gradual, aunque pueda existir una predisposición genética, está relacionado con ámbitos de vida poco saludables y se destaca la obesidad como una de las principales causas de la enfermedad. No suele producir cetoacidosis en quienes la padecen, excepto en casos de infección, sin embargo, a la larga puede provocar serias patologías cardiovasculares. (36,48)

El control de esta enfermedad se inicia con cambios de hábitos y ejercicio físico, junto con hipoglucemiantes orales. El más utilizado es la Metformina®, una biguanida que se introduce en 1959 y que reduce el riesgo de sufrir

complicaciones cardiovasculares. Este fármaco puede combinarse con otros tipos para reducir la secreción de la insulina como las sulfonilureas o glinidas, inhibidores de la α -glucosidasa que actúan disminuyendo la absorción intestinal de carbohidratos u otros inhibidores de glucagón. (49)

- **Diabetes gestacional:**

Esta forma se origina cuando la alteración de la glucosa se da por primera vez durante el embarazo, se asocia a malos estilos de vida y sedentarismo. La alteración del metabolismo de la glucosa provoca una hipoglucemia en ayunas y una hiperglucemia posprandial para nutrir al feto, lo que provoca aumento de la sensibilidad de la insulina. Es importante el control de este mecanismo para evitar daños tanto en la madre como en el hijo, por eso en estos casos la gestante requiere la administración de insulina. Sin embargo, se prohíbe el uso de fármacos hipoglucemiantes orales que ponen el riesgo el embarazo y la vida materno-fetal. (52)

- **Otros tipos específicos de DM:**

Se producen por mutaciones poco frecuentes como defectos genéticos en la función de las células β o en la acción de la insulina; enfermedades del páncreas exocrino, pancreatitis, neoplasias y fibrosis quísticas entre otros; endocrinopatías, acromegalia, síndrome de Cushing, hipotiroidismo y otros; inducida por fármacos u otras sustancias químicas; infecciones; mediadas por inmunidad; o por síndromes genéticos ocasionalmente asociados a la diabetes, Síndrome de Down, de Turner, Wolfram, Atasia de Friedreich, distrofia miotónica, porfiria, etc. (53,54)

1.1.3.2. COMPLICACIONES DE LA DIABETES MELLITUS

La hiperglucemia es el desencadenante principal de las complicaciones de esta enfermedad, el control de los niveles altos de glucosa requiere del uso de insulina y fármacos que a la larga provocan deterioro del organismo y polariza su función en la segunda gran complicación, la hipoglucemia. (55) Ambos extremos glucémicos de la diabetes conducen a complicaciones crónicas y de gravedad importante tales como:

- **Retinopatía diabética:** se trata de una enfermedad crónica y degenerativa que se produce por un daño vascular en la retina, principalmente una isquemia. Se inicia de manera progresiva y asintomática, afectando a la agudeza visual y llegando a provocar con su evolución ceguera parcial o total. (56,57) En la actualidad existen tratamientos que ayudan a prevenir la ceguera hasta en un 90% de los casos. (58)
- **Nefropatía diabética:** se define como el conjunto de trastornos estructurales secundarios a la presencia de restos de glucosa en el área glomerular que provocan alteraciones en la función renal. Como consecuencia al mal filtrado glomerular se disminuye la eliminación de globulinas y albúminas por la orina, lo que incrementa el acúmulo de toxinas en los riñones. (59)
- **Neuropatía diabética:** constituye una de las principales alteraciones microvasculares que afecta al sistema nervioso. El deterioro sensitivo y motor que ocasiona genera una de las principales complicaciones de la diabetes, la amputación de los miembros inferiores. (60) La alta prevalencia de esta complicación la sitúa en una de las más costosas para los sistemas de salud. (61)

- **Cardiovasculares:** entre los principales factores de riesgos se encuentran la hipertensión arterial, el tabaquismo, hipercolesterolemia, hipertiglicerilemia o aumento de la microalbuminuria.(62) Sus efectos micro y macrovasculares provocan arterioesclerosis, isquemia coronaria, deterioro de la función cardíaca e incremento en el riesgo de sufrir infarto de miocardio. (63) El 75% de las personas que padecen diabetes tipo 2 fallecen por enfermedad arterial coronaria. (64)
- **Cerebrovasculares:** el índice de mortalidad por este tipo de enfermedades se sitúa en el 25% en pacientes diabéticos tipo 2, donde destaca el ictus como principal causa. (64) Niveles altos de hemoglobina glicosilada y glucemia se asocian a este tipo de accidente cerebrovascular, se ha demostrado que cuando esos valores bajan y se controla la tensión arterial, así como la alimentación, el riesgo de sufrir ictus disminuye hasta un 42%, siendo las mujeres con diabetes tipo 1 quienes más lo padecen. (65)
- **Artropatías periféricas:** aparecen principalmente en los miembros inferiores. Derivan de la mala inervación de la musculatura del pie y distensiones ligamentosas, lo que ocasiona cambios en los arcos longitudinales y de carga capaces de ocasionar microfracturas, deformidades y dislocaciones. La mala inervación hace que aumente el flujo sanguíneo en los huesos, ocasionando edemas y hasta osteopenia. (66) La destrucción ósea y el déficit neurosensorial sitúan a la Artropatía de Charcot como la principal complicación musculoesquelética. (67)
- **Coma:** picos altos de hiper o hipoglucemia mantenidos en el tiempo pueden ocasionar este trastorno mortal que cursa con pérdida total del conocimiento. Los primeros síntomas de aparición van desde cefaleas, náuseas, sudoración, somnolencia, palidez, sudoraciones, taquicardias, afasia, hasta obnubilación o convulsiones. (68) Para revertir este tipo de episodios se necesita rápidamente identificar la causa para administrar el tratamiento de urgencia correspondiente, insulina en caso de niveles altos

de glucosa en sangre o glucagón en caso de niveles bajos, así como sueroterapia para favorecer los equilibrios hídricos antes de que la situación sea irreversible. (69)

1.1.3.2.1. PIE DIABÉTICO

1.1.3.2.1.1. DEFINICIÓN. ETIOLOGÍA.

El síndrome del pie diabético es definido por la OMS como una infección, ulceración o gangrena que provoca la destrucción de los tejidos profundos del pie y se asocia a alteraciones neurovasculares resultado de una hiperglucemia crónica. (70)

Su etiología multifactorial la componen la pérdida de sensibilidad o atrofia muscular por neuropatía periférica, la pérdida de integridad de la piel, angiopatías o isquemias derivadas de la insuficiencia arterial periférica que disminuyen el aporte de oxígeno y nutrientes a las distintas regiones del pie, junto con la hiperglucemia, principal causa de la diabetes que ocasiona además la fagocitosis o inmunopatía en los miembros. (71)

1.1.3. 2. 1. 2. MANIFESTACIONES CLÍNICAS DEL PIE DIABÉTICO

Las manifestaciones clínicas del pie diabético se dividen en neurológicas, vasculares y dermatológicas:

- **Neurológicas:** disestesias, parestesias, hiperestesias o anestesia. (72)
- **Vasculares:** claudicación intermitente, dolor en reposo, cambios de coloración (palidez, cianosis, rubicundez), distrofias, pérdida de vello. (72,73)

- **Dermatológicas:** sequedad, hiperqueratosis en puntos de presión, atrofia del tejido celular subcutáneo, alteraciones ungueales (onicomicosis, onicogriphosis, onicocriptosis, paroniquias), hipotriquia periférica o pérdida parcial del cabello. (74)

1.1.3.2.1.3. COMPLICACIONES DEL PIE DIABÉTICO

A pesar de que en los países desarrollados se han creado en los últimos años numerosos programas de salud para evitar las complicaciones en el pie diabético, (75) siguen dándose lesiones que ponen en riesgo su integridad. Destacan las úlceras con una prevalencia de hasta el 8% en los pacientes diabéticos y es una de las principales causas de hospitalizaciones de la DM. Se estima que entre un 15 y un 25% de los pacientes diabéticos desarrollarán úlceras en el pie a lo largo de su enfermedad, de los cuales entre un 70 y 90% terminarán en amputaciones. Lo que sitúa a nivel mundial a la diabetes mellitus con la principal enfermedad causante de amputaciones de los miembros inferiores, con una estimación alrededor del 60%. (71)

La mayoría de las úlceras que se desarrollan en los pies son de componente neuropático y se localizan en el antepié, a pesar de que de manera inicial el diámetro es pequeño sólo un 60-80% logran una cicatrización completa en un promedio de 10 semanas, con una recidiva del 13-44% en el primer año y hasta el 60% en el segundo. (76)

Un reciente estudio realizado en el Hospital San Rafael de Madrid, señala que entre los factores predisponentes se encuentran la edad (mayor incidencia en >50 años), el sexo (> tasa en mujeres) y el mal control metabólico, (77) aunque anteriormente ya se habían descrito otros factores como neuropatía, angiopatías o deformidades.

(Ilustración 4)

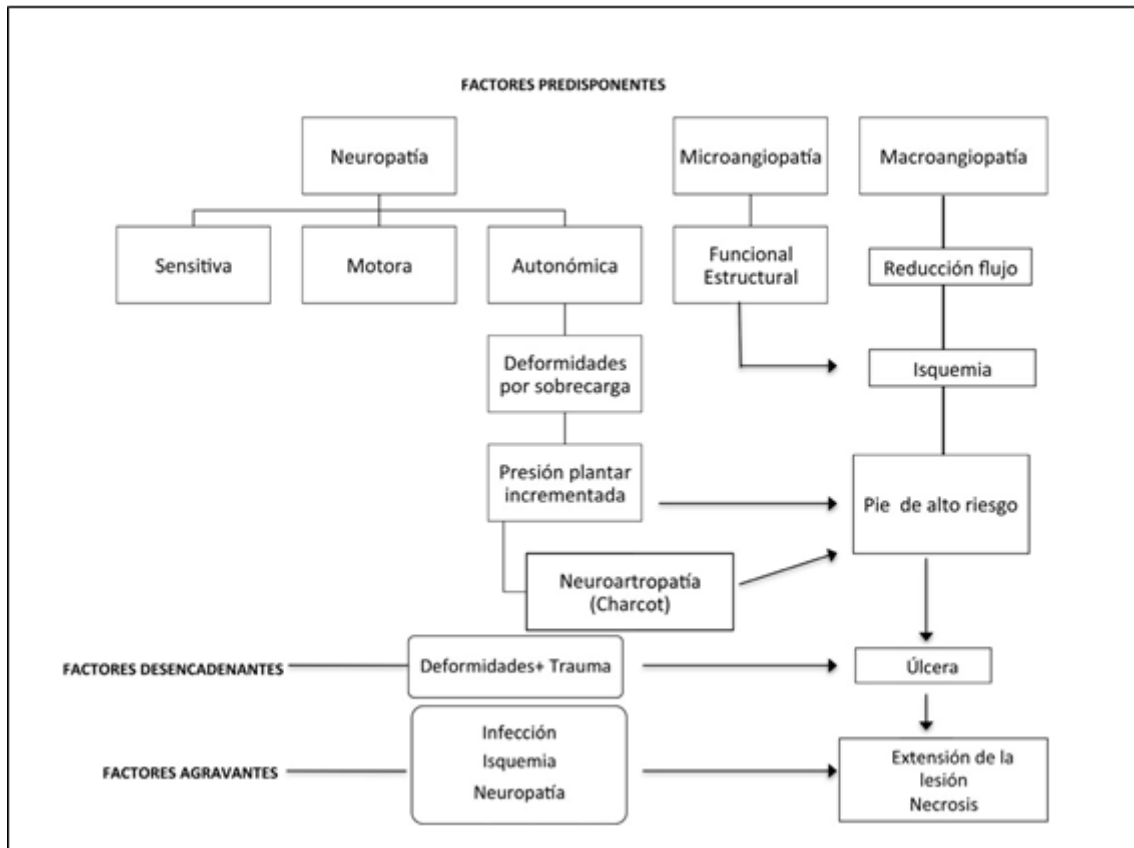


Ilustración 4: Factores predisponentes. *Tomada de Blanes JI et al. Documento de consenso sobre el tratamiento de infecciones en el pie diabético. Rev Esp Quimioter. 2011; 24(4):233-62.

Las lesiones del pie diabético fueron clasificadas por primera vez en 1981 por Wagner, aunque fueron descritas antes por Meggit en 1976. (78) (Tabla 1)

CLASIFICACIÓN DE WAGNER		
GRADO	LESIÓN	CARACTERÍSTICAS
0	Ninguna, pie de riesgo	Callos, hallux, dedos en garra.
I	Úlceras superficiales	Dstrucción del espesor total de la piel.
II	Úlcera profunda	Penetra piel, grasa y ligamentos sin afectar hueso. Infectada.
III	Úlcera profunda más absceso (osteomielitis)	Extensa y profunda, secreción, mal olor.
IV	Gangrena Limitada	Necrosis de una parte del pie.
V	Gangrena extensa	Todo el pie afectado, efectos sistémicos.

Tabla 1: Clasificación Wagner para las lesiones del pie diabético.

Más tarde, en 1984, Gibbons realiza una nueva clasificación de las lesiones en base a su gravedad, marcada por la presencia de infecciones y su profundidad.(79) Pero no fue hasta 1996 cuando Lavery y Amstrong diseñaran la que es hoy una de las clasificaciones más populares, la Escala Texas, desarrollada en la Universidad de Ciencias de la Salud Texas en la ciudad de San Antonio. (79,80) (Tabla 2 y 3)

CLASIFICACIÓN DE GIBBONS	
Clasificación	Descripción
Leve	Superficial, sin celulitis, sin afección ósea.
Moderada	Profunda, con posible afección ósea, entre 0 y 2cm periféricos de celulitis
Grave	Profunda, con afectación articular y ósea, secreción purulenta, más de 2cm periféricos de celulitis, probable cuadro sistemático.

Tabla 2: Clasificación de Gibbons para la severidad de las lesiones en el pie diabético.

ESCALA TEXAS				
ESTADIO	GRADO I	GRADO II	GRADO III	GRADO IV
<i>A</i>	Lesiones pre o postulcerosas completamente epitelizadas	Herida superficial, no involucra tendón, cápsula o hueso	Herida en tendón o cápsula	Herida penetrante a hueso o articulación
<i>B</i>	Infectada	Infectada	Infectada	Infectada
<i>C</i>	Isquémica	Isquémica	Isquémica	Isquémica
<i>D</i>	Infectada e isquémica	Infectada e isquémica	Infectada e isquémica	Infectada e isquémica

Tabla 3: Clasificación de las lesiones del pie diabético por la Universidad de Texas.

Las infecciones en el pie diabético varían según el microorganismo presente y la profundidad de la lesión, pudiendo llegar a ocasionar osteomielitis. Ante infecciones superficiales agudas, celulitis o erisipela predominan *S. aureus* o estreptococos hemolíticos beta. Cuando las infecciones son del tejido celular

subcutáneo o del músculo, los causantes polimicrobianos son de tipo cocos grampositivos, enterobacterias y anaerobios, si las infecciones son mixtas o necrosadas también contarán con anaerobios. En el caso de las úlceras exudativas tratadas con vendajes húmedos es común la aparición de *S. aureus* y *P. aeruginosa*, si las úlceras son necrosantes localizadas en los dedos liberan toxinas que suelen contener gérmenes de tipo *Staphilococcus aureus*. Si aparece una fascitis necrosante o mionecrosis contendrán desde coco grampositivos aerobios, enterobacterias o bacilos gramnegativos hasta gérmenes anaerobios. (81)

Otra de las complicaciones más importantes de la diabetes mellitus es el pie de Charcot, quién la definió por primera vez en 1898 como una artropatía de afectación neurológica y degenerativa de las articulaciones que conducen a la deformidad. El tratamiento de esta neuroartropatía se basa en el control de los factores de riesgo que la condicionan y frenar un avance de la deformidad en primer momento con elementos ortopédicos, aunque en la mayoría de los casos precisa de reconstrucciones quirúrgica para el abordaje de ulceraciones propias de la enfermedad y prevenir amputaciones. (67,82,83)

La alteración de los anejos cutáneos y las deformidades digitales, también se ven incrementadas en los pacientes diabéticos. La deformidad del dedo en garra destaca en este grupo de alteraciones como consecuencia de la neuropatía motora causante de atrofia y debilidad de la musculatura extrínseca e intrínseca del pie. Esta afectación digital es el origen de numerosas ulceraciones en los pies por su exposición a las fricciones con el calzado o la predisposición a formar heloma hipertrófico en el dorso de las articulaciones interfalángicas, estos factores de riesgo sumados a la pérdida de sensibilidad propia de la DM si no son identificados a tiempo ponen en peligro la conservación de los dígitos y la integridad el pie. (84,85)

1.1.3.2.1.4. CLASIFICACIÓN DE LA CIRUGÍA EN EL PIE DIABÉTICO SEGÚN EL RIESGO DE ESTRATIFICACIÓN

De manera internacional se ha creado una estratificación de los riesgos propios de los pacientes diabéticos, con esta escala gradual se pretende establecer prioridades para la prevención de úlceras y amputaciones: (86–88)

- **Grado 0:** pacientes diagnosticados de diabetes sin alteraciones de la sensibilidad del pie, pero pueden presentar deformidades estructurales.
- **Grado 1:** pacientes que aún no han desarrollado ulceración alguna, pero ya existe pérdida de la sensibilidad protectora del pie.
- **Grado 2:** pacientes con pérdida de la sensibilidad protectora del pie, aumento de presión plantar o callosidades, así como enfermedad vascular periférica sin ulceraciones.
- **Grado 3:** pacientes con pérdida de la sensibilidad protectora del pie, historia de ulceración o amputación previa, severa deformidad del pie o de los dedos y/o limitación de la movilidad articular, así como enfermedad vascular periférica. Pueden presentar algún grado de isquemia, claudicación intermitente o deficiencia en el pulso pedio y/o tibial posterior.

Teniendo en cuenta estos niveles de riesgo, Armostrong y Frykberg realizan una clasificación de la cirugía del pie en cuatro clases: (88,89)

- **Clase I:** *cirugía electiva*, consiste en tratar deformidades en pacientes sin pérdida de la sensibilidad protectora.
- **Clase II:** *cirugía profiláctica*, basada en reducir el riesgo de ulceración o reulceración en pacientes con pérdida de sensibilidad protectora.
- **Clase III:** *cirugía curativa*, indicada en caso de ulceración con el fin de ayudar a cicatrizar.
- **Clase IV:** *cirugía emergente*, centrada en limitar la progresión de la infección aguda.

1.1.4 OSIFICACIÓN

La osificación es el proceso mediante el cual tiene lugar la formación del hueso, este proceso osteogénico puede ser endocondral, membranoso o por aposición y se desarrollan entre la cuarta y la sexta semana de gestación, proceso que vuelve a reactivarse cuando el hueso sufra una fractura desencadenando un proceso de consolidación ósea.

1.1.4.1. CONSOLIDACIÓN ÓSEA

La consolidación ósea tiene lugar después de una fractura del hueso y es el proceso por el cual empieza la reparación del tejido y la restauración de sus propiedades hasta recuperar su funcionalidad. (90,91) Existen dos tipos de consolidación ósea, primaria y secundaria.

CONSOLIDACIÓN ÓSEA PRIMARIA

Este tipo de regeneración cortical del hueso es poco frecuente, los fragmentos de la fractura son estables y de unión estrecha a la compresión por lo que no presentan tejido cartilaginoso o generan callo óseo. (92)

En cirugía, las placas de compresión y algunos fijadores externos realizan este tipo de consolidación.

CONSOLIDACIÓN ÓSEA SECUNDARIA

Es más frecuente que la primaria y se diferencia de la anterior en que el espacio entre los fragmentos óseos en esta forma es mayor, lo que hace que las

características de la lesión sean más inestables y requiera de mayor compresión para la formación de callo óseo. (92)

La remodelación ósea en este caso se da en varias fases, primer lugar una fase inflamatoria y de hematoma que se produce inmediatamente en el sitio de fractura con un sangrado que va a originar un coágulo de fibrina en el espacio entre fragmentos, iniciando de este modo el proceso de cicatrización. La vasodilatación que se genera favorece los factores de crecimiento y la proliferación celular, la formación del tejido de granulación y la angiogénesis. En la fase de angiogénesis la vascularización tendrá un papel importante para nutrir y oxigenar los tejidos, ya que los osteoclastos y osteoblastos necesitan unas condiciones óptimas para poder llevar a cabo su acción. En la fase de reparadora tiene lugar la formación del callo blando en la periferia de la fractura, cuya formación dependerá de la compresión de los tejidos para su calcificación. A partir de la tercera semana se consigue la formación del callo duro con un proceso de osificación endocondral que finalizará con la fase de remodelación. En esta última fase se reestructurarán el canal medular y las trabéculas óseas hasta formar un hueso laminar maduro en base a la ley de Wolff. (92,93)

Wolff intentó demostrar que el hueso puede modificar su estructura interna en base a sus necesidades y cambiar su geometría externa por otras alteraciones. En su trayectoria añadió que los procesos de osificación eran independientes a las cargas mecánicas, aunque investigaciones posteriores cuestionaron esta objeción resaltando la influencia de las cargas. (94) En su ley expuso que las células de tracción estimulan el crecimiento óseo mientras que las de compresión lo atrofia. (95)

Se han descrito modelos conceptuales, matemáticos, biológicos y mecánicos para entender el concepto de consolidación ósea. Dentro de los modelos conceptuales Little describía la cicatrización como un proceso anabólico y catabólico mientras que Elliott habla de una unidad funcional ante estímulos biomecánicos. Con los matemáticos se intenta cuantificar desde los factores de crecimiento a la densidad celular para optimizar el proceso de curación y determinar las uniones. Mientras que con los biológicos se trata de explicar la reacción orientativa del organismo y las migraciones ósea ante ciertos estímulos,

por lo que se hayan relacionados con los modelos mecánicos ya que estas acciones dependen del estrés y las tensiones de los tejidos. (93)

Cuando en el tratamiento de fracturas se aplican yesos o en cirugía material de osteosíntesis endomedular, se está propiciando una consolidación secundaria.

1.1.4.1.1. FACTORES QUE AFECTAN A LA CONSOLIDACIÓN ÓSEA

Entre los factores que influyen en la consolidación ósea encontramos aquellos que la favorecen o que la inhiben.

En base al tipo de fractura aquellas que presentan fragmentos simples, conservan las corticales del hueso y no presentan infecciones ni compromiso de las partes blandas, consolidarán mejor y serán más estables que las que sí cuentan con estas características. Del mismo modo, la edad, el tabaco y enfermedades metabólicas como la diabetes generan desventaja en el proceso de consolidación, al igual que ciertos fármacos como los corticoides, quinolonas y algunos AINES, mientras que ciertas hormonas de crecimiento, la calcitonina, vitamina D incluso la insulina puede estimular la reparación. (92)

1.1.4.1.2. ALTERACIONES DE LA CONSOLIDACIÓN ÓSEA

La no unión es la complicación crónica que más va a repercutir en la vida del paciente. Puede deberse a una inmovilización inadecuada, a un fracaso quirúrgico, a una respuesta biológica insuficiente o a una infección. (96) Un estudio reciente señala que en España la prevalencia anual de no unión es del 4% de las fracturas (86 casos por 100.000 personas). (97) Otro estudio publicado el pasado año determina la eficacia de una inyección percutánea de médula ósea autóloga, matriz ósea desmineralizada y fibrina rica en plaquetas sobre pseudoartrosis de huesos largos como última esperanza. (98)

La mala unión es otro de los trastornos que puede darse a pesar de haber finalizado el proceso de consolidación, éste puede verse alterado por una mala alineación de los segmentos y aunque en algunos casos es un evento asintomático, en otros puede ocasionar dolor. Junto con la no unión suponen un aumento de costos económicos y de ingresos hospitalarios. (99)

El retraso en la consolidación es la complicación más difícil de definir, ya que supone que después de un período superior a la media de recuperación, el paciente no ha finalizado su proceso reparador, sin embargo, este sigue avanzando. (100,101) Se ha estudiado que el plasma rico en plaquetas o PRP puede acelerar este proceso de reparación. (102)

1.1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Cada año la prevalencia de la diabetes mellitus va en aumento y la estimación mundial para dentro de veinte años es de hasta un 48% más debido a diversos factores de riesgo entre los que destacan la predisposición genética o los nocivos estilos de vida para la salud, lo que pone en alerta a la OMS y la Federación Internacional de la Diabetes para frenar este progreso de la enfermedad. (42)

Dentro de las afecciones que derivan de esta patología multifactorial el pie diabético se sitúa entre las más graves, siendo la amputación no traumática de los miembros una de sus principales complicaciones. (103) Un reciente meta-análisis a más de 1800 pacientes con pie diabético determinó que las variables que más se asociaban a las amputaciones por infección en las personas con diabetes eran el tabaquismo, el sexo masculino y el historial de osteomielitis. Por lo que resulta importante analizar la pérdida de los miembros con tratamientos tan resolutivos como profilácticos. (104)

La neuropatía diabética fomenta el deterioro sensitivo y motor de los miembros inferiores y suponen otro aliciente al riesgo de amputación, (60) además la mala inervación provoca debilidades musculares que terminan favoreciendo el desarrollo de deformidades y deterioro óseo. (66)

Entre las artropatías que se generan en el antepié destacan las deformidades digitales (dedo en garra, martillo mazo) o de primer radio (hallux valgus) como las más comunes. (105) Un estudio transversal llevado a cabo en Jordania por Ababneh et al. con 1000 pacientes diabéticos reclutados en el Centro Nacional de Diabetes, Endocrinología y Genética cifraba que la deformidad del dedo en garra estaba presente en un 16% de los diabéticos. (106)

Ante la presencia del dedo en garra el riesgo de sufrir ulceraciones también aumenta en este tipo de pacientes, ya que esta afectación está relacionada con la formación de heloma dorsales en las articulaciones interfalángicas. (84,85) A esta suma de artropatía y dermatopatía se le añade un grupo de complicaciones más, las vasculopatías, formando un complejo desencadenante de amputaciones, por lo que la corrección de la primera beneficiará la conservación dérmica y en consecuencia la del miembro. (107,108)

Diversas investigaciones han mostrado como las osteotomías son eficaces en la corrección de las deformidades digitales y a su vez alivian las presiones plantares generadas por estas alteraciones anatómicas. (109–112) Pueden ir unidas a tenotomías de las partes blandas (113) o incluso a alargamiento de gastrocnemios para descargar la excesiva carga metatarsal que suponen. (114)

Otros estudios han descrito los efectos nocivos de la hiperglucemia en la diabetes sobre la calidad del tejido óseo, (115) por ejemplo, la fragilidad o absorción de energía, (116) cambios en el volumen y espesor trabecular, (117) así como en las propiedades mecánicas, (118) o de variantes en las propiedades de colágeno, minerales y AGE (productos de glicación avanzada). (119) Estos cambios de exposición diabética en la actividad celular ósea podrían deteriorar la consolidación y el potencial de las células progenitoras a largo plazo pudiendo crear deficiencias vasculares en el sitio de fractura. (120) Estos efectos podrían ser comparables con los que provoca el envejecimiento sobre la integridad estructural del hueso. (121)

Esta suma de cambios histológicos que sufre el hueso llegan a sugerir evaluaciones histomorfométricas estandarizadas mediante imágenes radiográficas que permitan valorar su evolución (122) y la relación entre distintos grupos de pacientes, como es el caso de los diabéticos y los no diabéticos. Sin

embargo, en la bibliografía revisada para este estudio no existen clasificaciones sobre el tipo de consolidación ósea de las osteotomías para la corrección de los dedos menores de los pies, ni la relación entre el tiempo que tardan en consolidar y el tiempo que tarda el dedo en recuperar su funcionalidad, o hasta qué punto una cirugía profiláctica controlada en los pacientes diabéticos puede frenar el desarrollo de una deformidad que si se agrava puede conllevar a la amputación parcial o total del miembro inferior.

Por este conjunto de razones, principalmente la prevención de úlceras en el pie de los pacientes diabéticos (123) y la alta incidencia de amputaciones no traumáticas del pie, (124) este estudio pretende analizar el tiempo de consolidación ósea de los dedos en garra intervenidos en un grupo de pacientes diabéticos controlados y a su vez en otro similar de no diabéticos, para valorar las diferencias y similitudes entre ambos grupos, si existe ventaja en la cirugía profiláctica correctiva de las deformidades de los pacientes diabéticos antes de que lleguen a desarrollar los agravantes del síndrome del pie diabético y a su vez, lograr elaborar una clasificación que relacione el tiempo con el rango de consolidación ósea, ya que no existen escalas claras.

La investigación se ha iniciado con una valoración funcional prequirúrgica de cada paciente en base al cuestionario AOFAS de la *American Orthopedic Foot and Ankle Society* y una valoración del dolor con la *Escala Visual Analógica*, posterior a una anamnesis y exploración diagnóstica previa. Tras intervenir a los pacientes mediante osteotomías descritas para la corrección del dedo en garra por cirugía mínima invasiva, se ha procedido a evaluar el tiempo de consolidación ósea de estas partiendo de la *Escala de Montoya*, una clasificación gradual de los hallazgos radiológicos del proceso de reparación ósea.

CAPÍTULO 2.

Hipótesis

2. HIPÓTESIS DEL ESTUDIO

El tiempo de consolidación ósea postquirúrgica y las complicaciones de los dedos en garra intervenidos es igual en pacientes no diabéticos que en pacientes diabéticos controlados.

CAPÍTULO 3.

Objetivos

3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

3.1. OBJETIVO PRINCIPAL

- Evaluar el tiempo de consolidación ósea de las osteotomías realizadas para la corrección de los dedos en garra intervenidos mediante cirugía de mínima incisión en pacientes diabéticos vs no diabéticos.

3.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS

- Comparar las variables en la cronología de consolidación ósea de ambos grupos.
- Analizar las relaciones existentes entre la edad de los pacientes y las puntuaciones de funcionalidad AOFAS postquirúrgica en función de la condición del paciente (diabéticos vs no diabéticos).
- Valorar si existe relación entre el periodo de tiempo de cicatrización ósea y el tiempo de cicatrización epitelial de los pacientes diabéticos.
- Examinar las complicaciones quirúrgicas de un grupo respecto al otro.

CAPÍTULO 4.

Material y Método

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. DISEÑO DEL ESTUDIO

El presente estudio de cohortes, observacional, analítico y de tipo prospectivo se diseña para la evaluación comparativa de la consolidación de las osteotomías descritas mediante cirugía percutánea para la corrección del dedo en garra en dos grupos de pacientes, diabéticos y no diabéticos.

Se añade la medición de otras variables presentes en diversos pacientes para valorar su posible influencia en los tiempos de consolidación: fumador o no fumador, enfermedades cardiovasculares y enfermedades óseas o articulares.

Todos los pacientes intervenidos se someten a la misma técnica quirúrgica en el segundo, tercer o cuarto dedo del pie afectado, llevada a cabo por el mismo equipo quirúrgico, al igual que el seguimiento postoperatorio. De esta manera se asegura el cumplimiento del protocolo marcado para el estudio.

La toma de muestra se inicia en octubre de 2019 pero sufre un parón en marzo de 2020 debido a la pandemia SARS-COV2, las muestras tomadas en ese período no llegan a cumplir el seguimiento estricto marcado y se desechan, retomándose unos meses después cuando se cumplía un año de su inicio. En junio de 2021 se había logrado completar el 50% de las muestras, consiguiendo finalizar la toma en el mismo mes de 2022.

Los datos se recogieron en Microsoft Excel en una tabla donde se registraron por cada caso: edad del paciente, sexo, fumador o no fumador, pie afectado, diabético o no diabético, tipo de diabetes en caso positivo, enfermedad cardiovascular, enfermedad ósea: osteoporosis, enfermedad articular: artritis-artrosis, puntuación escala AOFAS pre y postoperatoria, puntuación escala EVA pre y postoperatoria, consolidación ósea semanal en Escala de Montoya y rango de reparación funcional. Los datos se analizaron con el programa estadístico JaPS, respaldado por la Universidad de Ámsterdam.

La población de estudio estaba formada por aquellos pacientes mayores de 50 años y menores de 89 que diagnosticados de dedos en garra en la Clínica Piqueras de Madrid, serían intervenidos mediante cirugía mínima invasiva y se comprometerían a acudir semanalmente a consulta para su valoración postquirúrgica, de consolidación y cambio de vendaje. Se establece una edad mínima de 50 años de los participantes acorde con los cambios de madurez ósea o mineralización que tiene lugar a partir de esta etapa de la vida y una edad máxima de 89 años debido a la escasa frecuencia de pacientes que aceptan ser intervenidos con edad superior a la marcada. Quedaron excluidos aquellos pacientes que presentaban alguno de estos criterios:

- Edad superior o inferior al rango establecido.
- Informe médico de eco Doppler alterado.
- Pacientes que no pudieron comprometerse a acudir a las revisiones semanales.
- Pacientes ya intervenidos de uno o más dedos en otras ocasiones.
- Pacientes dubitativos o con falta de claridad en su respuesta para la puntuación de los parámetros de la escala AOFAS para los que se necesita su colaboración: dolor, ayudas de la marcha o tipo de calzado.

TAMAÑO MUESTRAL

Existen muy pocos estudios que valoren la consolidación ósea de las fracturas en general y son inexistentes los que valoren la consolidación de osteotomías en particular, principalmente se realizan series de casos con pocos participantes (<20). (125)

Para el cálculo mínimo de la muestra se usó la herramienta Biomath, (126) en base a un estudio de consolidación realizado por Krannitz *et al.* en 2009 (127) se ha utilizado una media de las diferencias de 51 ± 14.8 días de consolidación, con un nivel de significación del 5% y un poder del 80% dando como resultado un tamaño mínimo muestral de 6 pacientes en cada grupo. Además, en otro estudio en el que se utilizó la escala Montoya (125) se basaron en una muestra

de 18 pacientes. De acuerdo con todo esto se estableció para este estudio un tamaño muestral mínimo de 20 pacientes.

4.2. MATERIAL E INSTRUMENTAL

Este estudio cuenta con diversas hojas documentales para la recopilación de todos los datos necesarios para la evaluación y seguimiento de los casos:

- Documento de recogida de datos prequirúrgico. (Anexo 1)
- Cuestionario escalas AOFAS y EVA prequirúrgico. (Anexo 2)
- Documento de recogida de datos postquirúrgico. (Anexo 3)
- Cuestionario escalas AOFAS y EVA postquirúrgico. (Anexo 4)

Cada participante recibe un número de caso del 1 al 45 ajeno a su número de historia clínica para favorecer su anonimato, toda la documentación referente al mismo se archiva en base a ese número hasta que finalice el estudio y los datos recogidos son traspasados a una hoja Excel para el posterior análisis de datos.

4.2.1. ANAMNESIS

Antes de iniciarse la recogida de datos específicos para el estudio, se realiza una anamnesis habitual de los pacientes para el conocimiento de los datos básicos de edad, sexo, pie afectado y dedos a intervenir.

A continuación, se valoran los antecedentes personales dónde destaca el conocimiento de fumador o no fumador y la existencia de enfermedades cardiovasculares, osteoarticulares o diabetes mellitus. Es importante esta valoración específica por la relación que guardan este grupo de enfermedades con las complicaciones vasculares, articulares y metabólicas de la diabetes mellitus, y este estudio pretende hallar su influencia sobre la consolidación ósea

partiendo de la implicación que ya tienen sobre las cicatrizaciones cutáneas en los pacientes diabéticos.

4.2.2. VALORACIÓN CLÍNICA

Tras el diagnóstico previo de dedo en garra de los participantes, se realiza una valoración prequirúrgica del estado del paciente por parte del investigador principal, una exploración en descarga y carga controlada de los pacientes con alteración de la estabilidad, se prescribe una analítica y una evaluación eco Doppler que el paciente realizará externo a la clínica. (ANEXO 5) Los informes originados de esta prescripción médica los aportará en el preoperatorio y posterior a ello se iniciará la exploración propia del estudio en la que se valorará el dolor en base a la Escala Visual Analógica y su pronóstico junto con el de funcionalidad, alineación y estabilidad con el cuestionario AOFAS.

4.2.2.1. CUESTIONARIO AOFAS

El cuestionario AOFAS elaborado por la *American Orthopaedic Foot and Ankle Society* lo publican Kitaoka et al. en 1994 con el fin de cuantificar el estado clínico del pie y tobillo en base a su funcionalidad, alineación y dolor. (124) Este sistema con factores objetivos y subjetivos es aplicable a cualquiera de las regiones del pie, con un diseño adaptado desde el tobillo hasta los dígitos.

A pesar de que a lo largo de los años ha habido quién señalara su bajo nivel de correlación destacando la subjetividad en su validez, (128) es uno de los más utilizados en la cirugía del pie para el control previo y de los resultados postquirúrgico y se ha resaltado su fiabilidad para generar valores. (129)

Este cuestionario se divide en tres categorías, empezando por el dolor y terminando por la alineación, clasificándose entre medias la funcionalidad que cuenta con varias secciones de puntuación.

La puntuación del dolor la da el paciente, en este estudio el participante responde al investigador principal sobre la intensidad generada por su dedo en garra, pudiendo alcanzar los 40 puntos. (Ilustración 5)

DOLOR (40 puntos)	
Ninguno	40
Leve, ocasional	30
Moderado, diario	20
Grave, presente casi siempre	0

Ilustración 5: Escala AOFAS. Dolor.

Las cuestiones relacionadas con la funcionalidad pueden sumar hasta 45 puntos, de esta sección el paciente sólo responderá a la relacionada con las limitaciones en actividades cotidianas o recreativas debido a su afección digital y la descriptiva de su calzado. (Ilustración 6 y 7)

Limitaciones de la actividad	
No limitación	10
No limitaciones cotidianas, limitaciones para actividades recreativas	7
Limitación de actividades cotidianas y recreativas	4
Limitación grave para todas las actividades	0

Ilustración 6: Escala AOFAS. Limitaciones de la actividad.

Calzado	
Calzado convencional, sin plantillas	10
Calzado confortable, plantillas	5
Zapatos ortopédicos o modificados	0

Ilustración 7: Escala AOFAS. Tipo de calzado.

Las siguientes cuestiones relacionadas con la funcionalidad serán criterio del investigador principal. La primera de estas estará relacionada con la movilidad de la articulación metatarsofalángica y sus grados de flexo-extensión serán medidos con un goniómetro. (Ilustración 8)

Movilidad de la MTF (flexión + extensión)	
Normal o leve restricción (75° o más)	10
Restricción moderada (30° a 70°)	5
Restricción grave (menos de 30°)	0

Ilustración 8: Escala AOFAS. Movilidad MTF.

Del mismo modo se procederá a la medición de restricciones de la articulación interfalángica. (Ilustración 9)

Movilidad de la IF (flexión plantar)

No restricción	5
Restricción grave	0

Ilustración 9: Escala AOFAS. Movilidad IF.

La estabilidad de la articulación metatarsfalángica e interfalángica será el siguiente parámetro que medir, para ello se realizará una exploración manual que permita comprobar la capacidad de luxación al ejercer movimientos entorno a ellas. (Ilustración 10)

Estabilidad MTF-IF (todas las direcciones)

Estable	5
Inestable o luxable	0

Ilustración 10: Escala AOFAS. Estabilidad MTF-IF.

El último apartado de funcionalidad evalúa la presencia de callosidades y su sintomatología en cualquiera de las localizaciones del dígito, manifestándose comúnmente en el dorso de las articulaciones interfalángicas cuando se trata de dedos en garra. (Ilustración 11)

Callo MTF-IF

No callo o asintomático	5
Callo sintomático	0

Ilustración 11: Escala AOFAS. Valoración de callosidades.

Se finaliza el cuestionario con la valoración de la alineación de las estructuras involucradas por parte del examinador, pudiendo otorgar hasta 15 puntos. (Ilustración 12)

ALINEAMIENTO (15 puntos)

Bueno, dedo bien alineado	15
Aceptable, ligero mal alineamiento	8
Malo, mal alineamiento, grave, síntomas	0

Ilustración 12: Escala AOFAS. Alineamiento.

La puntuación máxima lograda en este cuestionario puede sumar hasta 100 puntos. Cuanto mayor sea esta puntuación mejor pronóstico preoperatorio tendrá el paciente. Estas puntuaciones varían tras la resolución quirúrgica, por lo que los resultados finales se calcularán con la repetición del cuestionario después de la intervención.

4.2.2.2 ESCALA EVA

En 1979 la Asociación Internacional para el Estudio del Dolor define el propio dolor como *una experiencia sensorial y emocional desagradable, asociada a un daño tisular real o potencial, o descrita en términos de dicho daño*, (130) aunque su medición resulta subjetiva se han descrito escalas para su valoración como la EVA (Escala Visual Analógica), ENA (Escala Numérica Análoga) o EVERA (Escala Verbal Análoga). (131)

En este estudio se ha seleccionado la escala EVA para la medición del dolor de los dedos en garra antes y después de su corrección quirúrgica por su gran popularidad. Esta escala es una de las más utilizadas para la valoración del dolor, su origen se remonta a 1974 cuando Bond y Lader destacaron su mayor sensibilidad comparada con otras escalas. En sus inicios llegó a utilizarse para valorar estados de ánimo en estudios psicológicos, y no fue hasta 1976 cuando Scott y Hunkinsson comenzaron a emplearla en la algología. (130)

La escala visual analógica mide la intensidad del dolor en base a una línea horizontal de 10 centímetros, representado cada extremo el indicador de dolor. En el extremo izquierdo se sitúa la ausencia mientras que en el derecho el peor dolor imaginable y cada centímetro entre ellos simboliza de 0 a 10 la intensidad del dolor. El paciente deberá evaluar con una marca en el centímetro que equivalga a su dolor. Si la marcación se sitúa por debajo de 4 significa que la presencia de su dolor es leve, hasta 6 moderado y por encima de 6 comenzará a agravarse con un aumento de la intensidad cuanto más cerca del 10 se establezca. (130–132) (Ilustración 13)

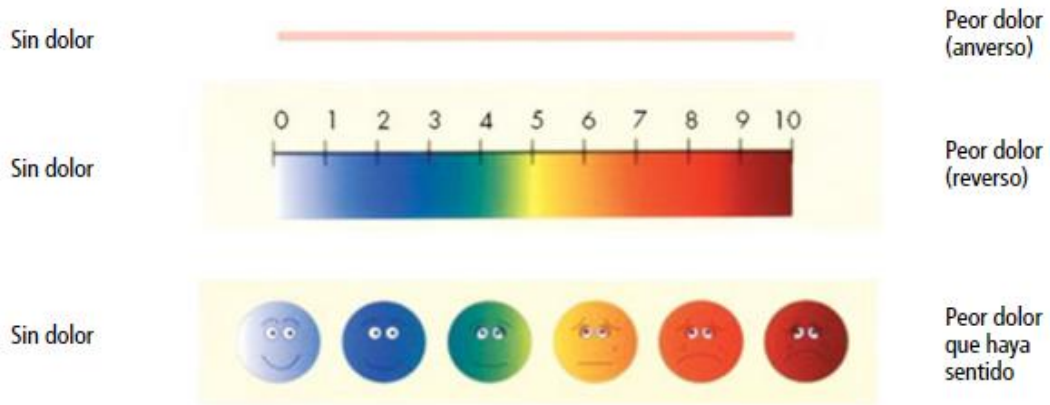


Ilustración 13: Escala Visual Analógica. Tomada de: Cid J et al. ¿Qué y cómo evaluar al paciente con dolor crónico? Rev. Med. Clin. Condes. 2014; 25(4)687-697.

4.3. PROTOCOLO DE OBTENCIÓN DE DATOS

A todos los pacientes incluidos en este estudio se les diagnosticaron dedo o dedos en garra en alguno de sus pies previamente a la inclusión en el mismo. Para dicha inclusión autorizaron libremente un consentimiento previo a su participación y se procedió a la realización de un preoperatorio para la recogida de datos.

A cada paciente se le asignaba un número de caso y se iniciaba la recogida de datos generales dónde se especificaba el sexo del paciente, edad y el pie a intervenir. A continuación, se detallaban los antecedentes personales de interés para el estudio: enfermedades cardiovasculares, presencia o ausencia de diabetes y tipo, enfermedades osteoarticulares, fumador o no fumador. (Ilustración 14)

ANTECEDENTES PERSONALES

SI NO CARDIOVASC.	SI NO DIABETES	SI NO OSTEOARTICULAR
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Hipertensión	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Artritis
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Angina / I. Mioc.	En caso positivo:	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Artrosis
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Arritmias	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Tipo I	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Osteoporosis
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Flebitis	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Tipo II	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Otros
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Otras		
SI NO FUMADOR		
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		

Ilustración 14: Apartado de antecedentes personales del documento de recogida de datos prequirúrgicos.

En caso de datos positivos se aclaraba el estado de la enfermedad y la mediación en curso para su control y se dejaba anotado en el mismo documento. (Ilustración 15)

Explicación de datos positivos:..... Medicación en curso:

Ilustración 15: Apartado de aclaraciones de datos positivos en la sección de antecedentes personales del documento de recogida de datos prequirúrgicos.

A este documento de recogida de datos prequirúrgico se le añadía otro de doble cuestionario con valoración de la escala AOFAS y EVA previa al acto quirúrgico, donde el paciente respondía a las encuestas relacionadas con el dolor, al tipo de calzado y a las limitaciones en actividades, y el resto era valorado por el investigador principal.

En las 48h previas a la intervención todos los pacientes incluidos se sometieron a una valoración analítica con medición de la glucosa en ayunas, este dato se añadió a cada caso en una hoja Excel con los datos generales anteriores, antecedentes patológicos y cuestionarios.

Los siguientes datos que se recogieron fue la valoración semanal del estado de consolidación hasta recibir el alta. En cada revisión se evaluaba el grado de

consolidación ósea según la Escala de Montoya y se relacionada con otra medición propia del estudio para valorar el rango de funcionalidad de la reparación. (Ilustración 16)

EVALUACIÓN SEMANAL	Escala Montoya	Rango de intensidad de la reparación
Semana 1		
Semana 2		
Semana 3		
Semana 4		
Semana 5		
Semana 6		

Ilustración 16: Evaluación semanal postquirúrgica.

A los 6 meses de la intervención se evaluó de nuevo a cada paciente con un cuestionario AOFAS post y de la escala EVA, para comprobar numéricamente el grado de satisfacción de los resultados en base al pronóstico PRE.

4.4. PROCEDIMIENTO QUIRÚRGICO PARA EL TRATAMIENTO DEL DEDO EN GARRA MEDIANTE CIRUGÍA MÍNIMA INVASIVA

4.4.1. INSTRUMENTAL QUIRÚRGICO

La realización de los procedimientos propios de cirugía mínima invasiva en el pie requiere de materiales específicos que permitan llegar a cabo estas técnicas de la manera más precisa y con el mayor control de un acto sin visualización del campo. En particular, para la corrección de los dedos en garras el material básico necesario está formado por:

1. **Bisturí Beaver n.º 64:** En un mango de bisturí tipo Beaver, caracterizado por su cabezal circular, se introducirá una hoja del número 64 para el control de la vía de acceso con incisiones que no superarán los 2mm por segmento de corte. (Ilustración 17)



Ilustración 17: Mango de tipo Beaver y hoja n.º 64

2. **Fresa Shannon Isham 44 corta:** fabricadas de acero inoxidable, este tipo de fresa presentan una puntera de 2mm de corte y un largo de 9mm para uso específico en osteotomías de las falanges por su longitud de tamaño, además sus aristas de corte recto permiten el control de detritus óseo restante de las osteotomías para favorecer la consolidación ósea de los segmentos. (Ilustración 18)



Ilustración 18: Fresa Shannon Isham 44 corta

3. **Micromotor y pieza de mano:** El motor está formado por una unidad eléctrica conectada por un cable a la pieza de mano donde se introduce la fresa y que permite mediante un pedal el control de la velocidad de corte al intervencionista. Es importante el control de una velocidad de corte por debajo de las 8.000 rpm, ya que cuando se superan las 10.000 rpm pueden ocasionar quemaduras y necrosis óseas. (133) (Ilustración 19)



Ilustración 19: Pieza de mano

4. **Fluoroscopio:** las pequeñas incisiones que se realizan en la aplicación de las técnicas percutáneas no permiten la visualización del esqueleto óseo, por lo que es necesaria la utilización de un equipo de rayos para acceder a la imagen. Este tipo de aparatos permite ver las estructuras óseas a tiempo real, por lo que facilita la localización del instrumental de corte para la realización de las osteotomías y emite secuencias de imágenes que, en el caso de los dedos, posibilitan el estudio de los segmentos óseos con la

tracción del dígito y el control evolutivo de consolidación o alineación. (134) (Ilustración 20)



Ilustración 20: Fluoroscopio

5. **Material de sutura:** el cierre de las incisiones se realiza mediante un punto de sutura simple con monofilamento nylon 4.0. y el correspondientes portaagujas, tijeras y pinzas. (Ilustración 21)



Ilustración 21: Monofilamento Nylon 4.0

4.4.2. TÉCNICA QUIRÚRGICA

Todas las cirugías realizadas para este estudio se han llevado a cabo en el quirófano de la Clínica Piqueras en Madrid por parte del investigador principal junto con el personal especializado que forman la Unidad de Cirugía del Pie, dónde se destaca la presencia de un médico anestesista en caso de que el paciente precise sedación monitorizada durante la intervención. (Ilustración 22)



Ilustración 22: Quirófano Clínica Piqueras, Madrid.

La corrección de los dedos en garra incluidos en la investigación se ha realizado mediante osteotomías descritas con técnicas de mínima incisión. Antes de iniciar el abordaje se ha efectuado la anestesia de los dígitos intervenidos y la asepsia del pie. Los anestésicos de elección han sido Mepivacaína 20mg/ml y Bupivacaína 5mg/ml combinados en una solución de entre 4 y 6ml para un bloqueo troncular de los dedos.

En todos los casos se han seguido los mismos pasos para la ejecución de la técnica. En primer lugar, se ha identificado el dedo a intervenir y se han localizado las estructuras involucradas en el procedimiento, de proximal a distal:

articulación metatarsofalángica, falange proximal, articulación interfalángica proximal, falange media, articulación interfalángica distal y falange distal. (Ilustración 23)



Ilustración 23: Fluoroscopia 2º dedo en garra. Clínica Piqueras, Madrid.

El procedimiento se inicia con la colocación del dedo índice de la mano pasiva sobre la cara dorsal de la articulación metatarsofalángica del dígito a intervenir y el dedo pulgar en el pulpejo provocando un movimiento de hiperextensión. De este modo se produce una plantar-flexión de la AMTF y se fija la posición del dedo para realizar un corte por encima de esta articulación paralelo al eje longitudinal del dedo de 2mm con el bisturí y hoja Beaver 64. El corte se profundiza hasta llegar a la cortical de base de la falange, este acceso en el pie derecho será medial a la falange intervenida, mientras que el izquierdo será lateral, con el fin de preservar los paquetes vasculonerviosos y de facilitar el movimiento con la pieza de mano al cirujano. Se repetirá más distal, en el centro de la falange media, otra incisión similar (medial/ lateral según el pie) para crear una vía de acceso a esta segunda. (Ilustración 24 y 25)



Ilustración 24: Incisión vía de acceso a falange proximal. Clínica Piqueras, Madrid.



Ilustración 25: Incisión vía de acceso a falange media. Clínica Piqueras, Madrid.

Una vez creada la vía de acceso se introduce la fresa Shannon Isham 44 corta y se sitúa en la escotadura de la base de la falange proximal con su cuello quirúrgico, con el dedo índice de la mano activa comprobaremos por la cara dorsal la colocación de la punta de la fresa. A bajas revoluciones y con el motor activado en sentido contrario al eje de corte, se desperiostizará el área marcada para la posterior realización de la osteotomía, tanto por medial/lateral como por plantar. (Ilustración 26)



Ilustración 26: Introducción de fresa Shannon Isham 44 corta por vía de acceso creada para la realización de la osteotomía en la falange proximal. Clínica Piqueras, Madrid.

La dirección de corte de las osteotomías irá marcada según la *Teoría de los cuadrantes*, capaz de generar una visualización del segmento óseo a partir de un corte trasversal de la diáfisis, dividiéndole en cuatro porciones y refiriéndose a las dos de arriba como porciones dorsales *D*, y a las inferiores como plantares *P*. A ello se le añade una numeración 1 para las porciones mediales y 2 para las laterales, denominando así **D1** al cuadrante dorsal medial, **D2** al dorsal lateral, **P1** al plantar medial y **P2** al plantar lateral. (29) (Ilustración 27)

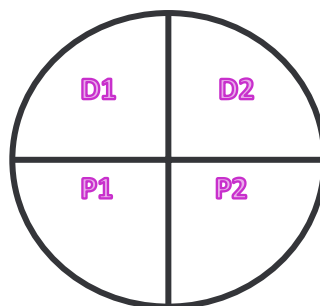


Ilustración 27: Teoría de los cuadrantes

Comenzamos la osteotomía con el eje del motor en sentido ya de corte realizando ligeros movimientos dorsales-plantares a bajas revoluciones, para el pie derecho los primeros cuadrantes a cortar serán D1-P1 y para el izquierdo D2-P2. Se avanzará el corte hasta el extremo contrario del segmento e iremos comprobando con el fluoroscopio la realización de la osteotomía, en el trayecto se conservará la cortical dorsal de la falange y habremos acabado cuando la osteotomía consiga cerrarse.

Para la segunda osteotomía se ha elegido el acceso plantar paralelo a la falange, a pesar de que existe la posibilidad de un acceso medializado más dorsal, (29) ante la necesidad de liberar con la hoja Beaver adherencias a la falange en deformidades más rígidas, de este modo se evita una doble incisión. El corte para la osteotomía parte de la cortical medial/lateral a la altura media de la falange. Para preservar la cortical plantar en este caso realizaremos una leve rotación del dedo con la mano pasiva e iremos cortando de D2 a D1 para el pie derecho y de D1 a D2 para el pie izquierdo, el avance será horizontal con dirección plantar hasta conseguir de nuevo el cierre de la osteotomía con la cortical plantar conservada. (Ilustración 28)



Ilustración 28: Introducción de la fresa Shannon Isham 44 corta para la realización de la osteotomía en la falange media. Clínica Piqueras, Madrid.

Una parte leve del detritus óseo proveniente de las osteotomías realizadas saldrá, mientras que la restante se mantendrá en entre las porciones de corte para favorecer luego la consolidación de los segmentos.

El siguiente paso será suturar con un punto simple de monofilamento nylon 4.0 cada incisión, aunque existen casos donde el sangrado de la incisión proximal es tan leve que el vendaje compresivo es suficiente para controlarlo.

El proceso finaliza con la realización de un vendaje controlado con Hypafix®, este material presenta la peculiaridad de ser elástico, lo que permite con su colocación ajustar y fijar el cierre de las osteotomías sin la necesidad de utilizar materiales de osteosíntesis. El primer cierre se realizará con una tira circular

compresiva favoreciendo la alineación del dedo y evitando su dilatación, luego se aplicarán dos corbatas proximales y dos distales para el control de las osteotomías. Cuando solo es un dedo el intervenido, se tutoriza vendando con corbatas al dígito que le sigue, de este modo se asegura el vendaje y la armonía del dedo. Este vendaje no se coloca al azar, cumple con la ley de Roux gracias a la compresión y tracción con la que se colocan las tiras, lo que favorece la remodelación del hueso en proporción a las tensiones locales. (95)

Al término comprobaremos con el fluoroscopio la correcta alineación de los segmentos intervenidos y colocaremos un zapato postquirúrgico (modelo zapato quirúrgico Herbitas®, válido pie derecho o izquierdo) que permitirá la deambulación inmediata del paciente sin la necesidad de usar bastones o muletas. (Ilustración 29)

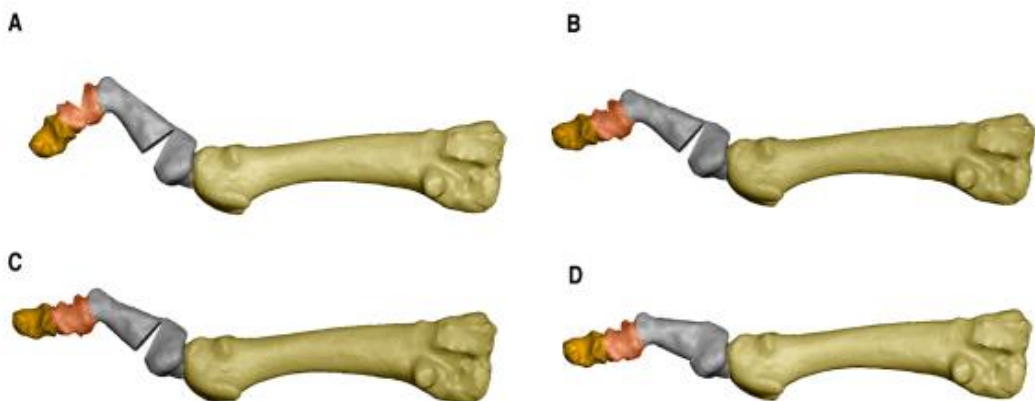


Ilustración 29: Cedita por E. Nieto A) diseño de doble osteotomía en dedo en garra, osteotomía proximal en falange proximal y osteotomía distal en falange media; B) cierre de la osteotomía de la falange media; C) cierre de la osteotomía distal de la falange proximal; D) cierre de la osteotomía proximal de la primera falange con reducción completa de la deformidad.

Como profilaxis quirúrgica se pautará durante ocho días, Amoxicilina® 500mg e Ibuprofeno® 600mg cada 8h durante 8 días, intercalado con Paracetamol® 1g cada 12h.

4.5. PROTOCOLO DE SEGUIMIENTO POSTQUIRÚRGICO DE LOS PACIENTES

El seguimiento de los pacientes es ejecutado por el investigador principal de modo estandarizado para todos los pacientes y la valoración posquirúrgica será documentada en una hoja de seguimiento caso-control:

1. Primera revisión a las 48h de la intervención. En ella se comprobará que el paciente no presenta signos ni síntomas de complicaciones (dolor, inflamación o infección) y con el fluoroscopio chequearemos que los segmentos se mantienen alineados. Si el vendaje se observa en buen estado y no se han producido sangrados importantes, se mantendrá hasta la siguiente revisión.
2. Segunda revisión a los 8 días de la intervención. Se valorará el estado del paciente, se retirará el vendaje y se hará un suave lavado aséptico del pie que favorecerá además la vascularización de los dígitos. Con el fluoroscopio se realizará la primera comprobación del estado de consolidación y se realizará un vendaje similar al quirúrgico. (Ilustración 30)
3. La siguiente revisión tendrá lugar a las dos semanas de la intervención, será similar a la anterior, con el aliciente de retirada de sutura y cambio de calzado. Se le permitirá al paciente el uso de zapato de tipo deportiva o confort sin soportes plantares que alteren el desarrollo evolutivo de reparación de los dedos.



Ilustración 30: Vendaje posquirúrgico paso a paso (control circular, corbatas proximales, corbatas distales). Clínica Piqueras, Madrid.

4. El control del vendaje y la consolidación se repetirán semanalmente hasta la 4-6 semanas de la intervención. Conforme avance la consolidación el vendaje será más ligero, hasta su retirada cuando la consolidación haya sido completa.
5. El paciente recibirá el alta una vez completada la consolidación y retomado sus actividades cotidianas.
6. A los 3 meses de la intervención se hará una revisión para valorar la evolución del pie y funcionalidad de los dedos.
7. La última revisión se hará a los 6 meses de la intervención. En esta se hará una nueva evaluación del paciente, un nuevo cuestionario AOFAS y EVA posquirúrgico para valorar el resultado definitivo. (Anexo)

4.5.1. VALORACIÓN DE LA CONSOLIDACIÓN ÓSEA POSTQUIRÚRGICA

La valoración de la consolidación ósea postquirúrgica de las osteotomías realizadas en este estudio se ha guiado con la Escala Montoya, utilizada anteriormente en traumatología para el control gradual de consolidación de fracturas diafisarias. (135) Se elige esta escala debido a que su aplicación no es específica de un hueso en concreto, ya que otras encontradas en la bibliografía revisada están elaboradas para localizaciones específicas, como son la escala RUST (*Radiographic Union Score in Tibial Fractures*), (136) RUSH (*Radiographic Union Score for Hip*) (137) y RUSS (*Radiographic Union Score for Radius*) (138) para la tibia, fémur y radio respectivamente.

4.5.1.1. ESCALA MONTOYA

La Escala de Montoya se utiliza desde 1990 en México para la evaluación radiológica de la consolidación de fracturas y la formación del callo óseo diafisario post fractura, aunque en la actualidad se utiliza para el seguimiento gradual de la fractura hasta desaparición del trazo con independencia del callo óseo. (135) (Tabla 4)

Esta escala clasifica de manera gradual el proceso de reparación ósea:

ESCALA DE MONTOYA	
GRADOS	HALLAZGOS RADIOLÓGICOS
I	Reacción perióstica sin callo
II	Callo con trazo de fractura visible
III	Callo de trazo de fractura visible sólo en partes
IV	Desaparición del trazo de fractura

Tabla 4: Escala de Montoya. Calderón Garcidueñas J et al. Fracturas con retardo en la consolidación ósea o pseudoartrosis: tratamiento no invasivo con electroestimulación galvánica transcutánea. *Rev Mex Ortop Traum.* 2001; 15(6): 262-265.

En el presente estudio hemos evaluado semanalmente el grado de consolidación que presentaban las osteotomías realizadas según esta escala y hemos

generado una comparación entre el estado radiológico y el rango de intensidad de la reparación en base a la funcionalidad gradual del dígito intervenido, de ese modo al grado I le hemos asignado un rango de funcionalidad leve, el grado II y III se ha agrupado en un rango de intensidad moderado y al grado IV, un rango funcionalidad total: (Ilustración 31)



Ilustración 31: Valoración fluoroscópica semanal del grado de consolidación y el rango de reparación funcional asociado. Fluoroscopias realizadas en Clínica Piqueras, Madrid.

4.6. VARIABLES DEL ESTUDIO

VARIABLES cualitativas:

- Sexo: variable dicotómica hombre/mujer.
- Pie afectado: variable dicotómica derecho/izquierdo.
- Diabético/no diabético.
- Fumador/no fumador.
- Callosidad en el dedo en garra.
- Enfermedades osteoarticulares
- Enfermedades cardiovasculares
- Complicaciones post-tratamiento: inflamaciones, infecciones o sangrados.

Variables cuantitativas:

- Edad: variable cuantitativa discreta
- Glucemia pre-intervención
- Hemoglobina glicosilada en diabéticos pre-intervención
- Vitamina D
- Dolor (escala EVA)
- Dolor (escala AOFAS)
- Funcionalidad (escala AOFAS)
- Alineación (escala AOFAS)
- Estabilidad metatarsofalángica (escala AOFAS)
- Movilidad MTF e IF (escala AOFAS)
- Puntuación AOFAS total.
- Número de dedos en garra intervenidos.
- Tiempo de consolidación de las osteotomías.

La puntuación AOFAS total se valora dos veces, previo a la intervención y 6 meses después del tratamiento quirúrgico. Del mismo modo se procede a la valoración de la variable cuantitativa de dolor con la escala EVA.

El tiempo de consolidación ósea se mide con la Escala Montoya desde las 48h postquirúrgicas y semanalmente hasta las 6 semanas posteriores en el caso más retardado. Esta valoración gradual se relacionará con una nueva clasificación del rango de reparación ósea en relación con la funcionalidad propia de este estudio: *grado I*, reparación leve; *grado II y III*, reparación moderada; y *grado IV*, reparación total.

4.7. ASPECTOS ÉTICOS

Los pacientes que forman parte de este estudio han iniciado su participación de manera voluntaria tras acudir libremente a consulta con el investigador principal. Todo ellos, tras la anamnesis y exploración que requieren las valoraciones

clínicas, precisan de la corrección de dedo en garra mediante cirugía independiente a su decisión de participar en el estudio.

Obedeciendo las normas establecidas en el Código Deontológico del Ilustre Colegio de Podólogos de la Comunidad de Madrid, una vez determinado el tratamiento, se les informa a cada paciente de la posibilidad de formar parte de la investigación, de la inexistencia de riesgos adicionales al tratamiento requerido, del seguimiento y los tiempos de duración, de la confidencialidad de los datos, la protección de sus derechos y seguridad, así como de su anonimato dentro del estudio, y de la posibilidad de revocar su consentimiento si en algún momento lo desea, sin que ninguno de estos aspectos interfieran en el seguimiento y resultado de su tratamiento. Toda esta información quedará reflejada, junto con los objetivos del estudio, en un documento que se les entregará a los pacientes hasta 48h antes de su intervención. (ANEXO 6)

Con el consentimiento informado autorizado, el paciente comenzará a formar parte del estudio. Ante pacientes vulnerables, serán sus familiares o representantes legales quienes concedores de la misma información, serán quienes tomen la decisión y la autoricen.

Esta investigación se lleva a cabo cumpliendo las directrices de los principios éticos que se recogen en la declaración de Helsinki (Finlandia, 1964) de la Asamblea Médica Mundial para la protección de los seres humanos en investigaciones médicas, actualizada en 2013 en la 64ª Asamblea General celebrada en Fortaleza, Brasil.

El Comité de Ética de la Investigación de la Universidad Católica de Valencia presentó la aprobación del proyecto con el código UCV/2019-2020/159. (ANEXO 7)

4.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos han sido analizados con el programa estadístico JAPS v. 0.9.2. respaldado por la Universidad de Ámsterdam.

En primer lugar, se ha realizado un proceso de selección y análisis de los participantes incluidos en la investigación mediante un diagrama de flujos.

Tras el reclutamiento se ha procedido a un análisis descriptivo de las variables cualitativas y cuantitativas en base a los valores máximos, mínimos y media, así como la desviación y p-valor.

Todas las variables fueron expresadas como media y desviación estándar. Se analizó el supuesto de normalidad (Test de Kormogorov-Smirnov) y el de homogeneidad de las varianzas (Test de Levene). Por norma general, siempre que se cumplió con ambos supuestos y se realizó una prueba t-test de muestras independientes. En el caso de no cumplir con alguno de los supuestos, se realizó la versión no paramétrica (U de Mann-Withney).

Se han descrito todas las dimensiones de la escala AOFAS y se ha calculado la media y los valores pre (48h antes de la cirugía) y postquirúrgicos (6 meses después de la cirugía) de cada una de ellas mostrándolo en tablas, del mismo modo se ha hecho con la puntuación EVA.

Se ha analizado el tiempo de consolidación ósea por semanas con un análisis gradual de la Escala de Montoya y se ha relacionado la graduación con el rango de reparación funcional de los dígitos reflejando las interacciones en una clasificación.

También se ha comparado el tiempo de consolidación ósea entre los dos grupos de cohortes (diabéticos vs no diabéticos) con el test U de Mann-Whitney y se ha resumido en una tabla la media y desviación del tiempo de consolidación seguido de un gráfico porcentual con intervalo de confiabilidad.

Se han estudiado las relaciones existentes de los coeficientes de correlación entre los días de consolidación y los de alta, la edad y los días de alta, la glucemia pre-intervención y los días de consolidación y la glucemia con los días de alta.

Para determinar relaciones y valores porcentuales entre las puntuaciones AOFAS y la condición de diabetes (diabéticos vs no diabéticos), así como la interacción de la diabetes por edad se ha utilizado el método ANCOVA para el análisis de covarianza.

CAPÍTULO 5.

Resultados

5. RESULTADOS

5.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL SEXO DE LOS PARTICIPANTES.

La presente investigación se inició con la evaluación de 49 participantes de los cuales un 91,8% eran mujeres. Sin embargo 4 fueron excluidos al ser hombres, debido a que el sexo masculino acudió en mejor porcentaje a la Clínica Piqueras de Madrid para la resolución quirúrgica del dedo en garra. Se muestra de manera gráfica el porcentaje en base al sexo de los pacientes que acudieron a consulta: (Ilustración 32)



Ilustración 32: Gráfico porcentual en base al sexo de los candidatos para la realización del estudio.

Tras el reclutamiento la muestra de participantes incluidos en el estudio sumó un total de 45 pacientes de sexo femenino, durante el proceso quirúrgico y seguimiento no hubo pérdidas. El siguiente diagrama de flujos representa el proceso de selección: (Ilustración 33)

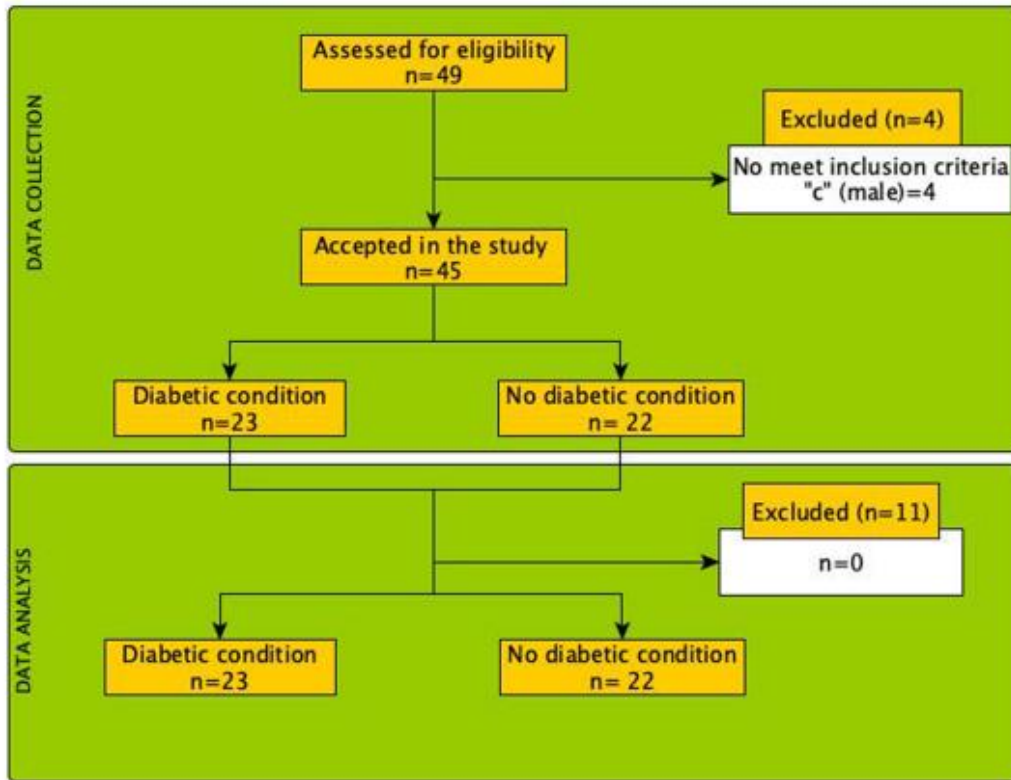


Ilustración 33: Diagrama de flujos del proceso de selección y análisis de los participantes incluidos en el presente estudio.

5.2. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS PARTICIPANTES EN BASE A LA PRESENCIA O AUSENCIA DE DIABETES MELLITUS.

De las 45 pacientes participantes en el estudio, 23 formaron parte del primer grupo de cohorte condicionado por el padecimiento de DM, mientras que la segunda cohorte estaba formada por 22 participantes sin DM. De los casos positivos de DM todos fueron de tipo 2. Se muestra el porcentaje gráfico de la condición: (Ilustración 34)

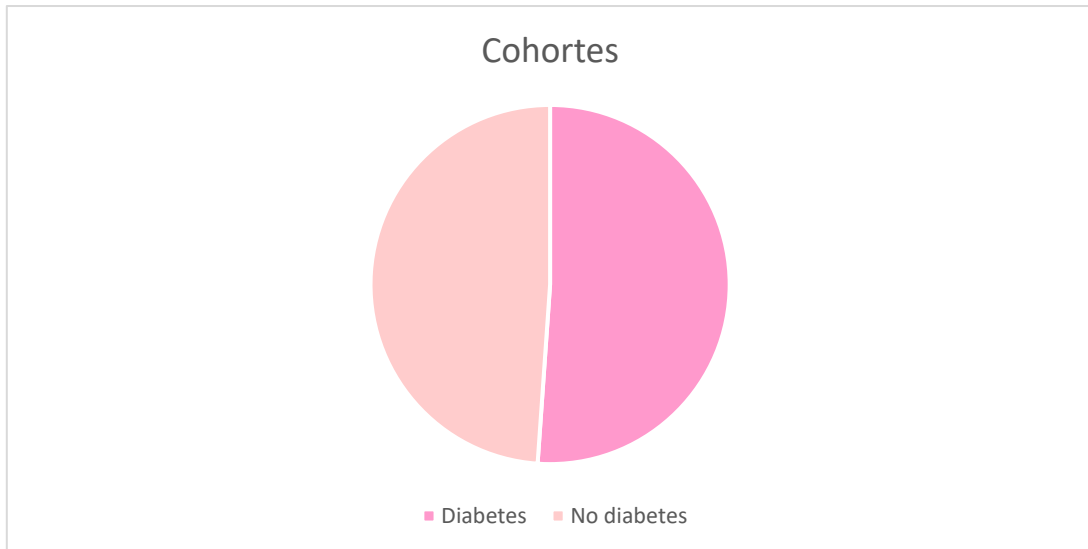


Ilustración 34: Gráfico porcentual de cohortes (diabetes vs no diabetes)

Todas las pacientes que padecían diabetes eran casos con adecuado control metabólico según los criterios de la ADA: glucosa en ayuna entre 90 y 130mg/dl, hemoglobina glicosilada menor o igual a 7% y colesterol total <185 mg/dl. El tratamiento común a todos los casos era la Metformina®, este fármaco hipoglucemiante oral perteneciente al grupo de las Biguanidas reduce la glucosa en el plasma basal y postprandial. Solo un caso de DM también se controlaba con Insulina inyectable de acción prolongada.

5.3. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA EDAD DE LAS PARTICIPANTES.

Las pacientes presentaron una edad mínima de 53 años y máxima de 88 años en el momento que iniciaron el estudio. La media de edad fue de 70,6 años con una desviación de 9,96. Las pacientes con diabetes mellitus presentaron una media de 76,59 años frente a 64,87 las no diabéticas y p-valor <0.001. (Ilustración 35)

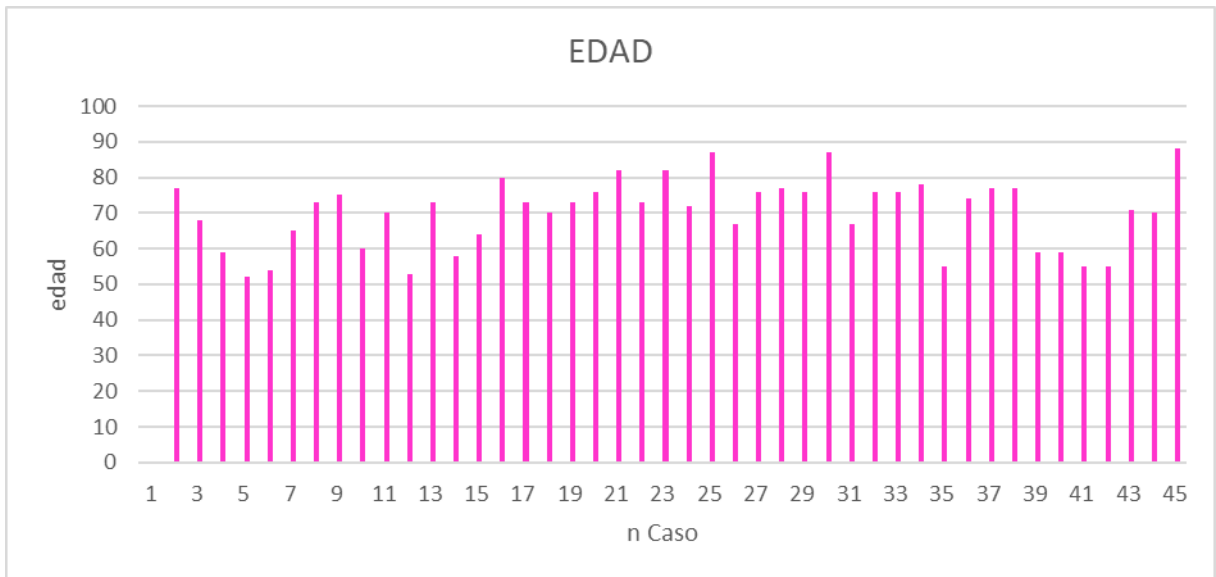


Ilustración 35: Gráfico de edad de los participantes.

5.4. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA LATERALIDAD.

Se intervinieron 34 pies derechos y 11 izquierdos. La siguiente gráfica muestra el porcentaje: (Ilustración 36)



Ilustración 36: Gráfica porcentual de lateralidad de los pies intervenidos.

5.5. ANÁLISIS DESCRIPTIVO SEGÚN LA CONDICIÓN DE FUMADOR O NO FUMADOR DE LAS PARTICIPANTES.

Se analiza la condición de fumador o no fumador de las pacientes en la anamnesis prequirúrgica y se obtiene que el 8,89% eran fumadoras, equivalente a 4 casos, mientras que un 91,11% correspondiente a los 41 casos restantes no lo eran. (Ilustración 37)

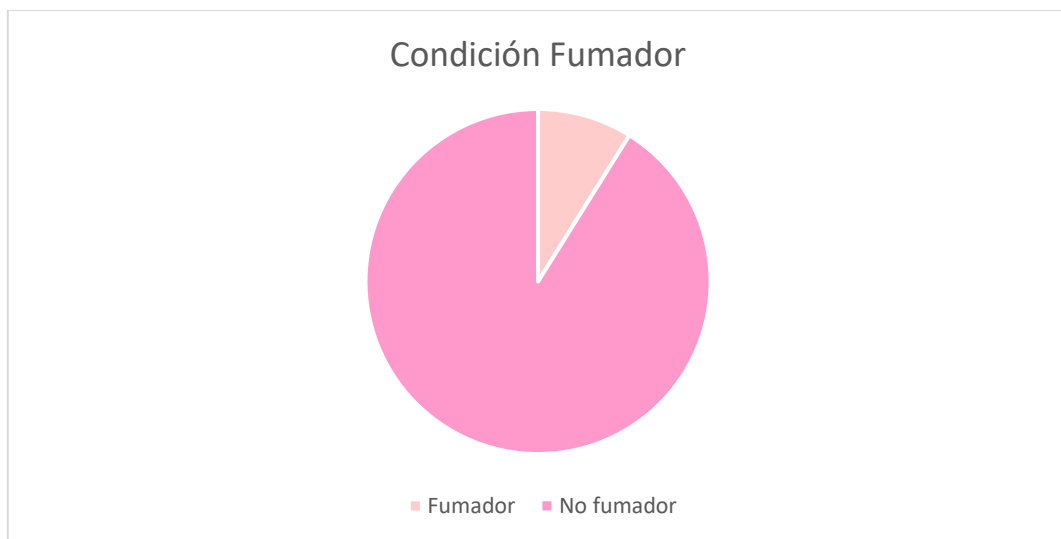


Ilustración 37: Gráfico de condición de fumador vs no fumador.

5.6. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA PRESENCIA DE ENFERMEDADES OSTEOARTICULARES DE LAS PARTICIPANTES.

En la anamnesis realizada previa a la intervención a todas las participantes se le valoró la presencia de enfermedades osteoarticulares y la vitamina D. Entre los datos encontrados se hallaron casos positivos de artritis (16 casos), artrosis (22 casos), osteoporosis (3 casos) o combinación de ambas. Representamos los hallazgos de los distintos tipos de enfermedades osteoarticulares en los grupos de cohortes: (Ilustración 38)

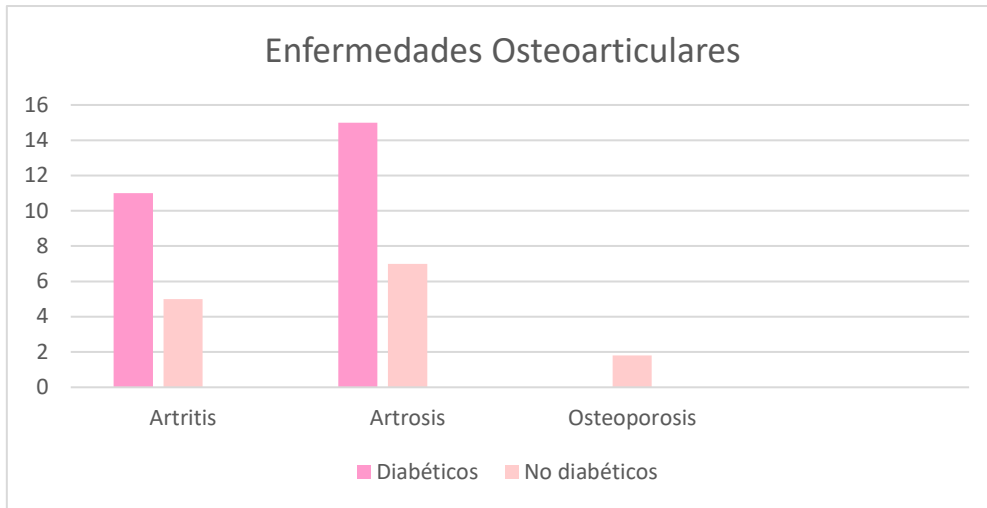


Ilustración 38: Gráfico de cohortes de Enfermedades Osteoarticulares.

Los valores de vitamina D obtenidos para ambos grupos fue de un total de 56,366 nmol/L para las no diabéticas y de 53,603 nmol/L para las diabéticas con una desviación típica de 10,494 nmol/L y 10,294 nmol/L respectivamente. El valor máximo en quienes padecían diabetes alcanzaba 67,410 nmol/L y el mínimo 33,600 nmol/L. Ante la ausencia de diabetes el máximo era de 67 nmol/L y el mínimo 37 nmol/L. (Tabla 5)

Vitamina D (nmol/L)				
	Máximo	Mínimo	Media	Desviación Típica
Diabetes	67,410	33,600	53,603	10,294
No diabetes	67	37	56,366	10,494

Tabla 5: Valores Vitamina D.

5.7. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES.

Entre las enfermedades cardiovasculares que presentaron las pacientes incluidas en el estudio destacó la Hipertensión Arterial por unanimidad. De manera singular se halló un caso con insuficiencia aórtica en una paciente sin DM, uno de infarto de miocardio en paciente con DM y otro de ictus en otra paciente con DM. (Ilustración 39)

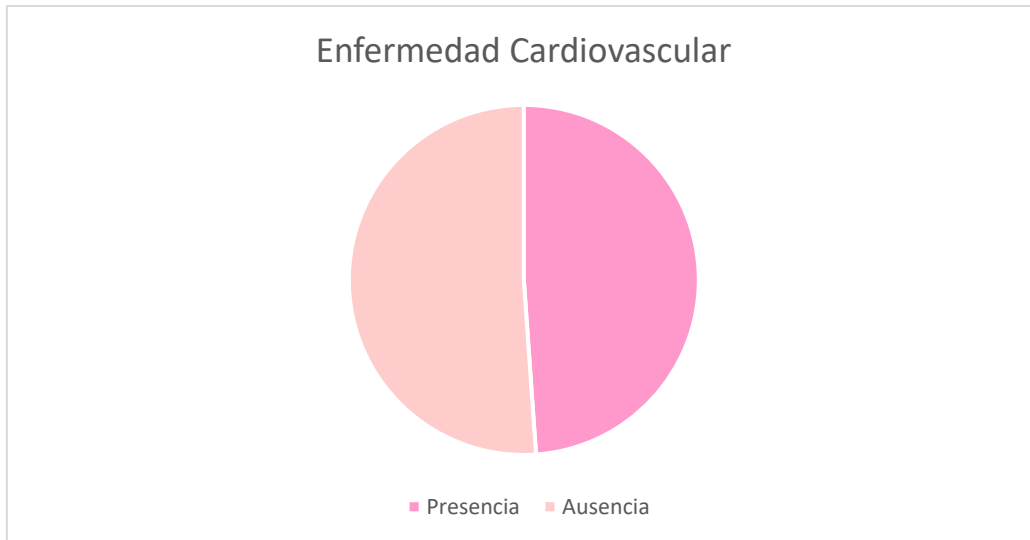


Ilustración 39: Gráfico de frecuencia de enfermedades cardiovasculares.

5.7 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA GLUCEMIA Y HEMOGLOBINA GLICOSILADA PRE-INTERVENCIÓN.

A todas las pacientes que formaron parte del estudio se les midieron 48h antes de la intervención los niveles de glucosa en sangre en ayunas, en los casos positivos de diabetes además se les solicitó la hemoglobina glicosilada en la analítica prequirúrgica. El valor mínimo de glucosa de las pacientes sin diabetes fue de 65 mg/dl mientras que el máximo alcanzaba los 122 mg/dl. El valor mínimo ante la presencia de diabetes era de 90mg/dl y el máximo de 131mg/dl. La media de glucemia obtenida fue de 95,24 mg/dl, no se hallaron valores anormales ni diferencia significativa entre ambas cohortes con una media de 95,96 mg/dl para las diabéticas y 94,57 mg/dl para las no diabéticas. Se completan los valores en esta tabla: (Tabla 6)

Glucemia Pre-intervención.			
Variable	Media de valores mg/dl (DE)	Media total mg/dl (DE)	p-valor
Diabetes	95,96 (11,93)	95,24 (11,52)	0.955
No diabetes	94,57 (11,35)		

Tabla 6: Valores de glucemia pre-intervención.

El valor máximo de hemoglobina glicosilada obtenido fue del 7% y el mínimo del 6,2%. La media se situaba en 6,745% y se obtuvo una desviación típica de 0,226%. (Tabla 7)

Hemoglobina Glicosilada			
Máximo %	Mínimo %	Media %	Desviación típica %
7	6,2	6,745	0,226

Tabla 7: Valores Hemoglobina Glicosilada.

5.8. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA ESCALA EVA.

Se realizó la valoración del dolor con la escala EVA antes de realizar la corrección quirúrgica de los dedos en garra y seis meses después de la intervención. Como se explica anteriormente en la metodología, esta medición subjetiva consiste en puntuar por parte del paciente su dolor de 0 a 10 según el grado de intensidad. La media de valor obtenida previa a la cirugía ha sido de 6,38 con valores máximos de 10 y mínimo de 1, en la medición efectuada seis meses después de la cirugía la media se redujo a una media de 0,22 con ausencia de dolor en una amplia mayoría de los casos y un máximo de 2 puntos en los valores positivos. (Tabla 8)

Resultados Escala EVA							
	Puntuación Mínima	Puntuación Máxima	Media de puntuaciones	Media Diabéticos	DT	Media No diabéticos	DT
Prequirúrgica	1,00	10,00	6,38	7,08	2,290	6,44	2,219
6 meses postquirúrgicos	0,00	2,00	0,22	0,4	0,645	0,12	0,440

Tabla 8: Valores Escala EVA pre y postquirúrgicos.

5.9. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA ESCALA AOFAS.

A todos los pacientes se les efectuó una valoración con la escala AOFAS previa a la cirugía para el conocimiento de su estado y pronóstico preoperatorio, y seis meses después de la intervención para la evaluación de los resultados.

La media de puntuación total prequirúrgica de todas las dimensiones de esta escala que se alcanzó fue de 49,23 con una puntuación máxima de 90,00 y mínima de 5,00. Según estos valores el pronóstico medio de los pacientes previo a la cirugía era *regular* (0-40: Malo, 41-71: Regular, 72-89 Bueno; 89-100 Excelente). En la repetición realizada a los seis meses de la intervención se logró alcanzar una media de 92,00, lo que sumaba 42,77 puntos más a la puntuación previa. Se evidenció una puntuación prequirúrgica máxima de 100 y mínima de 72,00, consiguiendo mejorar el pronóstico con resultados *excelentes*.

Se observó que el valor medio de la dimensión del dolor prequirúrgico para AOFAS fue de 17,95 lo que lo situaba en una intensidad moderada alta con una presencia casi continua. Los valores previos máximos alcanzados fueron de 40,00 puntos frente a 0 de mínimo. Tras la cirugía se obtuvo una puntuación de 38,63, con valores máximos de 40,00 y mínimos de 30,00 con una mejora de 20,68 puntos, logrando por tanto la desaparición del dolor casi completa en los pacientes a los seis meses de la intervención.

La funcionalidad es la dimensión más amplia de la escala AOFAS, por este motivo su valoración se realiza por partes.

En primer lugar, se valora la limitación en la realización de las actividades por parte de los pacientes, en este apartado el valor medio calculado preoperatorio ha sido de 6,93 puntos, con una puntuación máxima de 10,00 frente a 0 de mínima. Esta media corresponde a una limitación media en actividades recreativas antes de la cirugía. Se observa una mejora de estas puntuaciones seis meses después del acto con una media de 8,91 puntos, 10,00 máximos y 4,00 mínimos proporcionando una reducción de las limitaciones con el aumento de 1,98 puntos de mejora.

El tipo de calzado utilizado es lo siguiente a valorar, se observa un valor medio de 5,45 pre y 7,16 posquirúrgico, lo que corresponde al uso de zapato confortable y plantillas en mayor medida antes de la intervención, viéndose favorecido el uso de zapatos convencionales sin plantillas a los seis meses posteriores.

El rango de movilidad de la articulación metatarsofalángica obtiene un valor medio de 4,20 prequirúrgico, presentando las deformidades una restricción de grave a moderada alta en sus movimientos de flexión-extensión, este parámetro mejora después de la intervención en 5,80 puntos, consiguiendo la puntuación máxima en todos los casos, 10, lo que se traduce en una ganancia total de la movilidad. A nivel interfalángico el rango medio de movilidad obtenido fue 0,80 de puntos, equivalente a una restricción grave antes de la intervención. Seis meses después se produce un aumento en la puntuación con una media de 5, lo que supone un aumento de 4,20 puntos y la ausencia de restricciones del movimiento.

El valor medio de estabilidad MTF-IF en la exploración prequirúrgica marcaba 3,30 puntos con una mejora de 1,70 a los seis meses, sumando una media total de 5,00 por unanimidad después de la corrección de los dígitos.

La manifestación de callosidades en los dedos previas a la cirugía alcanzó una media de 1,48 puntos, mientras que tras la resolución de la deformidad se logró un valor medio de 5,00 y por consiguiente la eliminación total de helomas.

Por último, se valoró la dimensión de alineación de las estructuras involucradas en la deformidad, el valor medio obtenido previo a la intervención se situaba en 9,11 mejorando en 3,19 puntos después de la cirugía, con una media total de 12,30 a los seis meses y una mejor alineación. (Tabla 9)

Resultados Escala AOFAS			
Dimensión	Puntuación Máxima	Puntuación Mínima	Media de puntuaciones
Dolor AOFAS PRE	40,00	0	17,95
Dolor AOFAS POST	40,00	30,00	38,63
Limitaciones Actividades AOFAS PRE	10,00	0	6,93
Limitaciones Actividades AOFAS POST	10,00	4,00	8,91
Calzado AOFAS PRE	10,00	0	5,45
Calzado AOFAS POST	10,00	5,00	7,16
Movilidad MTF-IF AOFAS PRE	10,00	0	4,20
Movilidad MTF-IF AOFAS POST	10,00	10,00	10,00
Movilidad IF AOFAS PRE	5,00	0	0,80
Movilidad IF AOFAS POST	5,00	5,00	5,00
Estabilidad MTF-IF AOFAS PRE	5,00	0	3,30
Estabilidad MTF-IF AOFAS POST	5,00	5,00	5,00
Callosidades AOFAS PRE	5,00	0	1,48
Callosidades AOFAS POST	5,00	5,00	5,00
Alineamiento AOFAS PRE	15,00	0	9,11
Alineamiento AOFAS POST	15,00	8,00	12,30
Total, AOFAS PRE	90,00	5,00	49,23
Total, AOFAS POST	100	72,00	92,00

Tabla 9: Resultados Escala AOFAS pre y postquirúrgicos

En la siguiente tabla se muestran las puntuaciones máximas/mínimas y la media de puntuación AOFAS pre/post de los dos grupos de estudio (diabéticos vs no diabéticos): (Tabla 10)

Variable	Puntuación Máxima Pre	Puntuación Máxima Post	Puntuación Mínima Pre	Puntuación Mínima Post	Media (DT) PRE	Media (DT) POST
Diabéticos	90	100	5	72	43,32 (27,73)	91,12 (9,158)
No Diabéticos	85	100	17	72	51,16 (17,121)	92,76 (8,012)

Tabla 10: Comparación AOFAS Pre/Post de los dos grupos de estudio (diabéticos vs no diabéticos)

5.10. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA CONSOLIDACIÓN ÓSEA

El tiempo de consolidación ósea de las osteotomías realizadas para la corrección del dedo en garra se mide semanalmente en relación con los grados de consolidación de la escala de Montoya, los datos obtenidos de estas mediciones muestran una media de 1er grado de consolidación en la primera semana del 88,88% de los pacientes (41 casos) frente a un 11,12% (4 casos) que consiguen una consolidación de 2º grado. En la segunda semana el 22,22% (10 casos) seguía en un primer grado de consolidación, mientras que el 73,33% (33 casos) ya presentaban un segundo grado de consolidación y el 4,45% restante (2 casos) alcanzaban un 3er grado. En la tercera semana un 4,44% (2 casos) habían logrado el 4º grado de consolidación, un 22,22% (10 casos) se mantenían en grado 2 y un 73,34% (33 casos) habían avanzado hasta un 3er grado de consolidación. En la cuarta semana un 60% (27 casos) se sumaron al 4,44% de los casos que habían consolidado anteriormente en su totalidad, lográndose un 64,44% de las consolidaciones, frente a un 35.56% (16 casos) que aún presentaban un grado 3. Finalmente, en la quinta semana de consolidación lograron consolidar los casos restantes, por lo que no hubo casos de no unión entre las participantes. (Tabla 11)

	1ª semana n casos	2ª semana n casos	3ª semana n casos	4ª semana n casos	5ª semana n casos
Grado 1	41	10			
Grado 2	4	33	10		
Grado 3		2	33	16	
Grado 4			2	27	16

Tabla 11: Relación del grado de consolidación por semanas.

Cada semana el rango de reparación de la funcionalidad de los dedos intervenidos se relacionó con los grados de consolidación, y se obtuvieron los siguientes resultados: (Tabla 12)

GRADO	RANGO DE REPARACIÓN FUNCIONAL	SEMANA	>n CASOS
1	Leve	1	41
2	Moderada	2	33
3	Moderada	3	33
4	Total	4	27

Tabla 12: Clasificación del rango de reparación funcional en relación con el grado de consolidación y el tiempo.

En base a la tabla anterior se determina que en relación con los grados de consolidación de la escala Montoya, el rango de reparación funcional de los dígitos es *leve* para el 1er grado y propio de la 1ª semana postquirúrgica, *moderado* para el 2º y 3er grado común en la 2ª-3ª semana, y *total* para el 4º grado en mayor medida en la semana 4ª.

La media y desviación de los días de consolidación fue 34 con una desviación de 3,86. Aunque los pacientes no diabéticos tardaron menos tiempo en consolidar el hueso, 34 días, (valor mínimo 24 y máximo 40 días) tras la intervención, la U de Mann-Whitney no mostró diferencias estadísticamente significativas ($p= 0.409$, $TE= 0.14$ [-0.20 hasta 0.45]) en la comparación del tiempo de consolidación entre los pacientes con diabetes vs. pacientes no diabéticos. Se resume la media y desviación del tiempo de consolidación de ambas cohortes en días: (Tabla 13)

Variable	Días	Desviación	Media (DE)	p-valor
Diabéticos	35	3.64	34 (3.86)	0.409
No Diabéticos	34	4		

Tabla 13: Resumen del tiempo de consolidación por días.

Se muestra gráficamente el tiempo de consolidación tras las osteotomías en función de la presencia o ausencia de diabetes de las pacientes, las barras superiores representan el intervalo confidencial al 95%: (Ilustración 40)

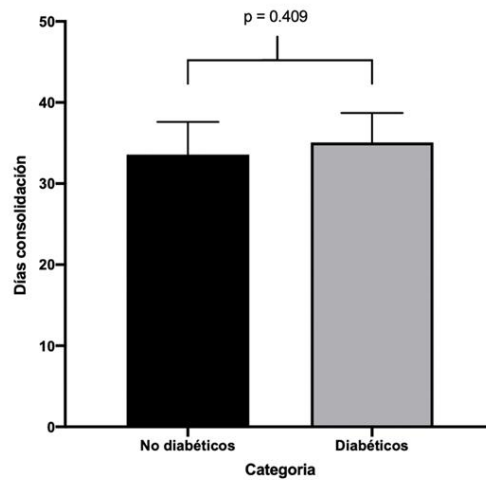


Ilustración 40: Gráfico del tiempo de consolidación de los grupos de cohorte.

Los días de alta fueron superiores a los de consolidación, el alta más temprano se dio a los 48 días y los más tardíos en un máximo de 58 días con una media de 52 días. Se obtuvo una relación estadísticamente significativa ($r= 0.71$, $R^2= 50\%$, $p< 0.001$) entre los días de consolidación y los días de alta, así como la edad y los días de alta ($r= 0.36$, $R^2= 13\%$, $p< 0.001$). Sin embargo, no se encontraron relaciones estadísticamente significativas entre la glucemia pre-intervención y los días de consolidación, ni de alta ($r= 0.07$, $p= 0.646$ y $r= 0.07$, $p= 0.648$, respectivamente). (Tabla 14)

	Diabéticos	No diabéticos	Media / desviación	p-valor
Días consolidación	35 (3.64)	34 (4)	34 (3.86)	0.158
Días alta	53 (3.75)	51 (4.71)	52 (4.34)	0.108

Tabla 14: Relación estadística entre días de consolidación y de alta.

5.11. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA RELACIÓN DE LA ESCALA AOFAS CON LA EDAD EN FUNCIÓN LOS GRUPOS DE COHORTES

El análisis de covarianza (ANCOVA) del porcentaje de mejora de las puntuaciones de la valoración AOFAS y la condición de diabetes (i.e., diabético vs. no diabético) mostró diferencias estadísticamente significativas, tanto en el efecto principal de diabetes ($F_{1,41} = 9.41, p = 0.004$) como en la interacción diabetes x edad ($F_{1,41} = 9.17, p = 0.004$). En la siguiente figura se detalla la relación entre el porcentaje de cambio de las puntuaciones AOFAS y la edad, los puntos rojos reflejan las puntuaciones de la diferencia de la prueba AOFAS en la condición no diabéticos, mientras que los puntos verdes reflejan las diferencias de puntuaciones AOFAS en la condición diabéticos. La porción sombreada alrededor de la recta de regresión refleja el intervalo confidencial al 95%, r = coeficiente de correlación de Pearson, R^2 = coeficiente de determinación, p = p-valor. (Ilustración 41)

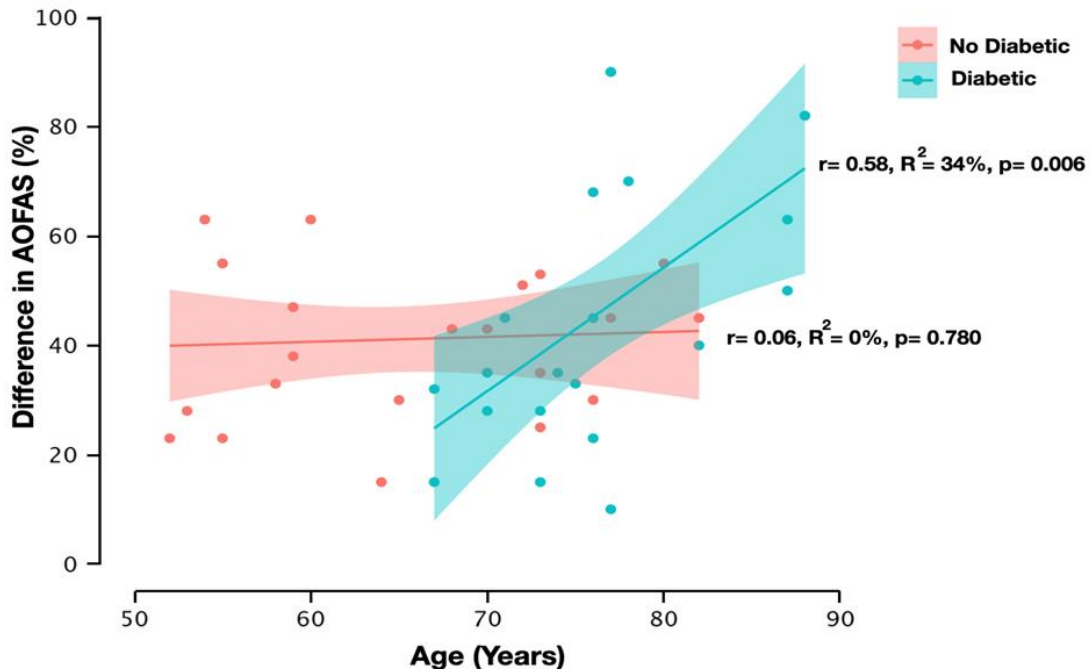


Ilustración 41: Relación existente entre la diferencia de las puntuaciones AOFAS y la edad en función de la condición de los pacientes (diabéticos vs no diabéticos)

5.12. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS COMPLICACIONES

En la cronología del estudio no se han dado ningún tipo complicaciones en ninguno de los participantes. El control de los valores glucémicos no ha mostrado alteraciones, no han surgido infecciones en los dígitos intervenidos ni en las estructuras implicadas, no se han producido sangrados ni alteraciones vasculares o cicatriciales, por este motivo no precisa descripciones numéricas para esta dimensión del estudio.

CAPÍTULO 6.

Discusión

6. DISCUSIÓN

El objetivo principal del presente estudio fue describir y comparar el tiempo de consolidación ósea tras osteotomía en pacientes diabéticos vs. no diabéticos. El principal hallazgo fue que independientemente de la condición de diabetes del paciente, el tiempo de consolidación fue prácticamente similar entre ambos grupos, no mostrando diferencias estadísticamente significativas entre las cohortes. Se pudo además observar una baja, aunque estadísticamente significativa, relación entre la edad del paciente y el tiempo de alta. Del mismo modo se encontró una relación alta y estadísticamente significativa entre el tiempo de consolidación y los días de alta. En relación con la condición de diabetes, el grado de funcionalidad y la edad influían de forma estadísticamente significativa en los pacientes diabéticos. Estos hallazgos arrojan evidencia a favor de la corrección de la deformidad cuanto menor edad tenga el paciente y mejor control metabólico.

En la actualidad no se hallan clasificaciones específicas sobre la consolidación de osteotomías en dedos en garra intervenidos, se describen series de casos de muy pocos participantes que valoran fracturas en los miembros (125) o estudios del proceso de consolidación de fracturas óseas en general con otras localizaciones esqueléticas (139) y no de osteotomías quirúrgicas para la corrección de deformidades.

Entre la escasa bibliografía sobre este tipo de investigaciones, destaca un estudio realizado por Krannitz et al. en 2009 para la comparación de consolidación ósea de osteotomías tipo Austin para la corrección del Hallux Valgus en dos grupos de pacientes fumadores y no fumadores, con una muestra de 17 participantes por grupo, donde se vio un efecto significativo de los días de consolidación entre ambos relacionados con el consumo de tabaco. (127) Por este tipo de estudio y la relación que guarda el tabaco con las complicaciones cardiovasculares en los pacientes diabéticos (62–64) se añade esta variante en la presente investigación, aunque en la muestra tomada no se han encontrado relaciones entre la consolidación y esta condición.

En la bibliografía revisada no existen estudios que valoren la consolidación ósea en los pacientes diabéticos, aunque algunos artículos hablan del aporte favorable al metabolismo óseo que hace las inyecciones de insulina. (68)

Otra carencia en la búsqueda realizada es la falta de clasificaciones estandarizadas para la medición del proceso de reparación ósea. Gerstenfeld et al. (122) llevaron a cabo una revisión sobre métodos histomorfométricos en procesos osteogénicos en la que recalcan la necesidad de estudiar minuciosamente el proceso de reparación ósea para establecer criterios estandarizados de evaluaciones que sirvieran para crear una clasificación universal que además detallaran herramientas observacionales para mediciones radiográficas de precisión. (122)

En base a la propuesta de Gerstenfeld et al, valoramos el rango de reparación funcional que realizamos en este estudio, dónde encontramos relación entre el grado de consolidación ósea y la funcionalidad que adquiere el hueso cuando avanza este proceso, logrando a mayor grado mayor nivel de funcionalidad también durante el proceso de reparación. El grado de consolidación lo medimos con la escala de Montoya, ya que se ha utilizado en otros estudios como herramienta de referencia en procesos de osificación. (135)

Se descartaron otras escalas de medición radiológicas como la RUST, (136) RUSH (137) o RUSS (138) por ser específicas de procesos de osificación en la Tibia, Cadera o Radio.

Estudios sobre la evolución de fracturas describen la existencia de complicaciones en el período de consolidación relacionados no sólo con el tabaquismo o la edad (140) sino que también con la pérdida de minerales óseos, algo que influye en la presencia de diabetes. Algunos estudios recientes (116,118,119,140) han señalado que el tejido óseo de los pacientes diabéticos presenta pérdida de colágeno, (141) un alto porcentaje de productos de glicación avanzada AGE y una peor calidad del hueso trabecular lo que podría comprometer, además, sus propiedades mecánicas.(141,142) Sin embargo, nuestros resultados mostraron que el tiempo de consolidación ósea fue similar entre pacientes diabéticos y no diabéticos, logrando una consolidación sólida y eficaz en ambos grupos. No se dio ningún caso de mala unión o no unión de las

osteotomías, por lo que estos hallazgos podrían sugerir que el correcto control glucémico que tenían los participantes y la buena elección de la técnica quirúrgica podrían favorecer los resultados de las intervenciones en todo tipo de pacientes, incluidos aquellos que padecen DM tipo 2.

En la valoración clínica realizada a los pacientes que iban a participar en la investigación, aparte de evaluar su condición de fumador o diabetes, se hizo hincapié en enfermedades de tipo cardiovascular y osteoarticulares, el objetivo era observar si el padecimiento de estas enfermedades influía en el proceso de reparación ósea de las falanges intervenidas. No encontramos indicios que lo relacionaran, a pesar de hallarse dentro de las patologías que agravan las complicaciones en la diabetes mellitus o de la edad.(84,143)

Se eligió la patología del dedo en garra como punto de inicio a la corrección de las deformidades del pie que desencadenan amputaciones no traumáticas de los miembros al tratarse de una de las complicaciones de la DM, (144) y se escogió para su corrección la cirugía mínima invasiva para el control de la cicatrización y evitar agravantes dérmicos. La investigación tenía el propósito de equilibrar el tiempo de consolidación entre diabéticos y no diabéticos actuando sobre huesos pequeños que además precisaban del cálculo cronológico de su proceso de reparación, ya que las escasas mediciones estandarizadas se hacían sobre huesos mayores. Para evitar la influencia de complicaciones dérmicas en el tiempo de reparación de los segmentos óseos involucrados la técnica de elección debía ser mínima invasiva, por lo que la cirugía percutánea sería la elección.

La cirugía mínima invasiva en el pie ha cobrado cada vez más fuerzas en los pacientes diabéticos (32,110) la escasa cicatriz o daño a los tejidos, el número bajo de complicaciones (111,145) así como la ausencia de osteosíntesis reducen el número de infecciones a la vez que podrían favorecer el tiempo de recuperación (111,146). Diversos estudios han señalado que, ante la existencia de estas técnicas (i.e., mínimamente invasivas), las intervenciones quirúrgicas en los pacientes diabéticos no hay que extenderlas hasta la amenaza de pérdida de partes o tejidos, ya que se podrían utilizar a modo preventivo. (95,147) Al aplazar las intervenciones, principalmente en aquellos pacientes que han presentado úlceras o padecen reulceraciones, aumenta el riesgo de no consolidación de las osteotomías. Por ejemplo, el estudio llevado a cabo por Biz

y Ruggieri (111) señalaron que 6 meses después de ser intervenidos algunos pacientes no llegaron a unir, aunque esa falta de formación de callo óseo fuera asintomática, algo que no se dio en ninguno de los casos de este estudio.

En 2003, Armstrong y Frykberg, (146) publicaron una investigación con el fin de clasificar la cirugía del pie diabético realizada en ausencia de isquemia crítica de las extremidades teniendo en cuenta tres variables: la presencia o ausencia de neuropatía, de ulceración, y/o de infección aguda con riesgo de pérdida del miembro. El objetivo era ordenar la clase de cirugía con base al orden creciente de amputación de I a IV. Nuestra propuesta en este estudio se halla relacionada con la clase I o cirugía electiva, que incluye aquellos procedimientos realizados para tratar una deformidad dolorosa sin pérdida de la sensibilidad protectora y con la clase II, la cirugía profiláctica, formada por procedimientos realizados para disminuir el riesgo de ulceración. (80,146)

Confirmamos que los pacientes diabéticos incluidos en este estudio no presentaban neuropatía diabética que afectara a los miembros al comprobar que su puntuación para el dolor era equivalente entre la escala AOFAS y la escala EVA, a pesar de que se ha señalado la subjetividad de estas pruebas en base al dolor. (128,130,132)

Las dimensiones de movilidad y estabilidad metatarsofalángica de la escala AOFAS son las más cuantitativas de la prueba, ya que la medición la realiza el investigador durante la exploración. Con la corrección de la deformidad del dedo en garra se ha conseguido que las puntuaciones relacionadas con estas dimensiones mejoraran después de la cirugía, proporcionando una resolución total de sus limitaciones articulares, lo que confirma una mayor fiabilidad de la prueba como también señalaban SooHoo et al. en un artículo que publicaron en 2003. (128)

Los resultados totales de la puntuación AOFAS fueron mejores en los pacientes diabéticos y de mayor edad, que en los no diabéticos y más jóvenes. Esta mejora del pronóstico se relaciona con las peores condiciones que presentan los pacientes con de más riesgos patológicos, sin embargo, se confirma de nuevo que la elección de una técnica controlada en manos de un profesional

especializado es más exitosa y profiláctica que el mantenimiento de la deformidad.

En cuanto, a las osteotomías realizadas para la corrección de los dedos en garra de los pacientes intervenidos han requerido de control semanal, no sólo para la valoración fluoroscópica de la evolución ósea, sino además para el cambio de vendaje postquirúrgico. En este sentido, las técnicas percutáneas requieren un manejo delicado del vendaje. Investigaciones previas han mostrado que la minuciosidad de este beneficia la correcta alineación de los dedos en ausencia de osteosíntesis. (148) La compresión de estos vendajes y su tracción favorecen la formación del tejido óseo y fibroso con base en la Ley de Roux, que relaciona la remodelación del hueso con el proceso adaptativo de las células influidas por las tensiones locales de la zona. (149) Con esta aplicación que evita la osteosíntesis, se evitan además infecciones que en ocasiones viene desencadenadas de las fijaciones metálicas (111) y el tiempo de consolidación final no varía entre su uso o no.

Mientras que en el presente no se han desarrollado infecciones y la consolidación total sin osteosíntesis ha sido de 4 a 6 semanas, otros hallazgos señalan la retirada de agujas Kirschner a las 4 o 5 semanas. (147,150,151) El vendaje realizado durante las curas semanales se ha ido reduciendo en función del grado de reparación del dedo para favorecer su funcionalidad. En los primeros días postoperatorios el vendaje era más intenso con el fin de favorecer la alineación de los segmentos óseos involucrados en la osteotomía, semanalmente con el avance de la recuperación se iba reduciendo hasta su eliminación completa ante consolidaciones totales.

6.1. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Debido al escaso número de pacientes de sexo masculino que acudieron a la Clínica Piqueras presentando deformidad de dedo en garra, no se ha podido valorar la relación del tiempo de consolidación ósea de las osteotomías realizadas en base al sexo de los participantes.

En cuanto a la condición de diabetes, el hecho de que se realizaran correcciones del dedo en garra en pacientes diabéticos con buen control glucémico y de hemoglobina glicosilada con valores similares a pacientes no diabéticos, deja la puerta abierta a variaciones en la cronología de consolidación en casos de DM1 vs DM2 con alteraciones metabólicas avanzadas.

Al iniciarse el estudio en tiempos convulsos, debido a la pandemia ocasionada por el SARS-CoV-2, las limitaciones en ocio no permitieron estudiar la relación de las actividades físicas de los pacientes con la recuperación. En ese sentido, sería interesante la realización de una investigación relacionada a su vez con la actividad deportiva y el sedentarismo, así como las condiciones físicas del paciente, estado nutricional y el Índice de Masa Corporal.

6.2. INVESTIGACIONES FUTURAS E IMPORTANCIA DE LOS HALLAZGOS ENCONTRADOS EN LA PRÁCTICA CLÍNICA.

En base a las limitaciones señaladas en el apartado anterior se deja la puerta abierta al estudio de la consolidación ósea en amplias áreas hospitalarias donde el acceso de los pacientes sea mayor y con ello se pueda comparar la influencia del sexo.

En cuanto a la condición de presencia de DM, se pretende en el futuro iniciar un estudio en el que se incluyan pacientes diabéticos de tipo 1, de este modo se podrá valorar la influencia de la diabetes más avanzada o menos controlada y la posible influencia de la insulina en la consolidación ósea.

Sumado a lo anterior, sería interesante el estudio físico y nutricional del paciente para relacionarlo con la carga mecánica de los pacientes en procesos de recuperación postquirúrgica y su relación con el tipo de vida.

Finalmente, en esta investigación ha destacado la mejora en la puntuación AOFAS de los pacientes en base mayor edad y presencia de diabetes, este importante hallazgo pone sobre la mesa el debate de la importancia de mejorar la calidad de vida de los pacientes con tratamientos quirúrgicos que se requieren

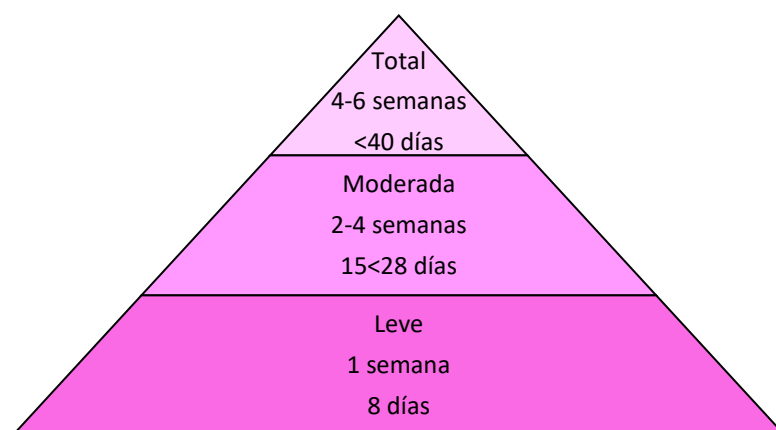
en numerosas ocasiones para la corrección de deformidades y que a priori generan inseguridad en relación riesgos vs beneficios. Se demuestra que la elección de la técnica adecuada, el menor daño a los tejidos y el buen control postquirúrgico desemboca no sólo en un buen resultado quirúrgico para el especialista, sino que también en una recuperación satisfactoria para paciente, lo que favorece a la cirugía profiláctica como método de elección para conservación de los miembros.

CAPÍTULO 7.

Conclusión

7.CONCLUSIÓN

- ✓ Con relación al objetivo principal del estudio, se ha podido evaluar el tiempo de consolidación ósea de las osteotomías realizadas para la corrección quirúrgica del dedo en garra en pacientes diabéticos y no diabéticos. La consolidación completa se alcanzó en un periodo prácticamente similar, a los 35 días de media tras la cirugía en diabéticos y 34 en no diabéticos.
- ✓ Con respecto al objetivo secundario n.1, se han comparado las variables cronológicas de consolidación ósea entre los pacientes diabéticos vs. no diabéticos y se ha confirmado que la condición de diabetes no es determinante en los días de consolidación en pacientes diabéticos controlados con tiempos equivalentes entre ambos grupos.
 - La cronología de consolidación ósea de las osteotomías en las falanges de los dedos de los pies en pacientes diabéticos y no diabéticos se produce en los siguientes tiempos:



- ✓ En cuanto al objetivo secundarios n. 2, se han logrado establecer relaciones entre la edad de los pacientes y las puntuaciones de funcionalidad AOFAS postquirúrgicas: los pacientes de mayor edad y

diabéticos obtienen mejores resultados en la puntuación AOFAS posterior a la cirugía con relación a la previa y a los pacientes no diabéticos y más jóvenes.

- ✓ Respecto al objetivo secundario n.3, al realizarse incisiones mínimas para la corrección del dedo en garra mediante técnicas percutáneas, no se han dado procesos cicatriciales dérmicos relacionados con la cronología de consolidación.

- ✓ Referente al objetivo secundario n.4, no se han producido complicaciones quirúrgicas en ninguno de los casos, tanto las intervenciones como la evolución han cursado con normalidad no mostrando diferencias entre ambos grupos.

Con la exposición de las conclusiones se confirma la hipótesis: *El tiempo de consolidación ósea postquirúrgica y las complicaciones de los dedos en garra intervenidos es igual en pacientes no diabéticos que en pacientes diabéticos controlados.*

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Crelin ES. The development of the human foot as a resume of its evolution. *Foot Ankle*. 1983;3(6).
2. Viladot A. Anatomía funcional y biomecánica del tobillo y el pie. Vol. 30, *Rev Esp Reumatol*. 2003.
3. Internacional R, Podol C. Anatomía de la zona distal de los dedos medios del pie. *Rev Int Ciencias Podol*. 2007;1(1).
4. Escobar-Leal F, Muñoz-Chiamil S, Astudillo-Abarca C, Miranda-Viorklumds E, Giannini-Jara E. Metatarsophalangeal instability of the lesser toes. *Rev Chil Radiol*. 2021;27(4).
5. Duraes M, Captier G, Bonnel F. Vascularización arterial y venosa del pie. *EMC - Podol*. 2022;24(1).
6. Dufour M. Anatomía del miembro inferior. *EMC - Podol*. 2012;14(4).
7. Monkowski DP, Roberto EgidiMM H. Simposio sobre anestesia regional Bloqueo de tobillo. *513 Rev Arg Anest*. 2004;62(6).
8. Schrier JCM, Verheyen CCPM, Louwerens JW. Definitions of hammer toe and claw toe. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2009;99(3).
9. Rodriguez CR, Sanchez DAB, Rubio MAB, Garcia F, Mejia LS. Etiología y fisiopatología del hallux valgus. *Rev Colomb Ortop y Traumatol*. 2019;33.
10. Diebold P-F. Patología no traumática de los dedos del pie. *EMC - Apar Locomot*. 2010;43(1).
11. Chang P, Porres PP. Deformidades de los artejos y alteraciones ungueales. *Dermatología Cosmet Medica y Quir*. 2008;6(4).
12. Zwart JJ. Deformidad en garra de los dedos del pie. *JANO*. 2004;66(1516).
13. Ferrari-Portafaix C, Piclet-Legre B, Helix-Giordanino M. Dedos en garra: Fisiopatología, tratamiento podológico y tratamiento quirúrgico. *EMC - Podol*. 2011;13(3).

14. Guerrero S. Deformidades de los artejos menores. In: Actuación en Patología del Pie y Tobillo. 2011. p. 45–54.
15. Silvestre A, Gomar F. Cirugía Ortopédica del Pie Diabético. In: Tratado de Pie Diabético. Barcelona: Esteve-Pensa; 1999. p. 129–33.
16. Muñoz J. Deformidades del pie. An Pediatr Contin. 2006;4(4).
17. Ferrari-Portafaix C, Piclet-Legré B, Helix-Giordanino M. Deformación de los dedos laterales del pie: fisiopatología, tratamiento podológico, tratamiento quirúrgico. EMC - Podol. 2021;23(2).
18. Willegger M, Schuh R, Trnka HJ. Complications following lesser toe surgery. Vol. 18, Fuss und Sprunggelenk. 2020.
19. Yassin M, Bowirat# A, Robinson D. Percutaneous surgery of the forefoot compared with open technique — Functional results, complications and patient satisfaction. Foot Ankle Surg. 2020;26(2).
20. Cases JÓI. Tratamiento quirúrgico de las deformidades digitales de los pies. Artroplastia versus cirugía mínimanete invasiva. Vol. 3, Revista Internacional de Ciencias Podológicas. 2009.
21. García FP, Gutiérrez JO, Jiménez LRB, Nucamendi MAF. Tratamiento de la deformidad en garra de los dedos menores del pie. Acta Ortopédica Mex. 2008;22(3).
22. Matthews AH, Jagodzinski NA, Westwood M, Metcalfe JE, Trimble KT. Effectiveness of the Cobb–Stainsby excision arthroplasty. Foot Ankle Surg. 2018;24(1).
23. Briggs PJ, Stainsby GD. Metatarsal head preservation in forefoot arthroplasty and the correction of severe claw toe deformity. Foot Ankle Surg. 2001;7(2).
24. Sullivan JP, Churchill CL. Digital Arthrodesis of the Lesser Toes. Vol. 34, Clinics in Podiatric Medicine and Surgery. 2017.
25. Edwards WHB, Beischer AD. Interphalangeal joint arthrodesis of the lesser toes. Vol. 7, Foot and ankle clinics. 2002.

26. Scheidt S, Nowak V, Mittag F, Götze M, Wülker N, Hofmann UK. Comparison of Lesser Toe Proximal Interphalangeal Joint Arthrodesis Versus Resection Arthroplasty: A Randomized Controlled Study. *Orthopedics*. 2022;45(2).
27. Naranjo C, Lozano J. Minimal Incision Surgery: A current approach. *Pod Manag*. 2013;32(8):152–4.
28. Ramirez L, Nieto E. Instrumental en técnicas de cirugía de mínima incisión. *Rev Esp Pod*. 2004;15(5):244–9.
29. AEMIS. CIRUGÍA MINIMAMENTE INVASIVA DEL PIE. GLOSA. 2016;
30. Aguilar Beltrán J. Artroplastia en un dedo del pie por mínima incisión. *El Peu*. 1998;75:497–501.
31. Isham SA, Nunez OE. Isham hammertoe procedures for the correction of lesser digital deformities: Phalangeal osteotomy procedures. In: *Minimally Invasive Forefoot Surgery in Clinical Practice*. 2013.
32. Nieto-García E, Ferrer-Torregrosa J, Ramírez-Andrés L, Nieto-González E, Martínez-Nova A, Barrios C. The impact of associated tenotomies on the outcome of incomplete phalangeal osteotomies for lesser toe deformities. *J Orthop Surg Res*. 2019;14(1).
33. Nieto E, Ramirez L NE. Diseño de las osteotomías digitales incompletas. *Técnicas O.D.I. Rev Esp Pod*. 2012;24(1):9–15.
34. Hedegaard Andersen J, Rasmussen A, Frimodt-Møller M, Rossing P, Kirketerp-Møller K, Engberg S. The effect of needle tenotomy on hammer, mallet and claw toe deformities in patients with diabetes, a retrospective study. *J Clin Transl Endocrinol*. 2019;18.
35. Rojas E, Molina R, Rodriguez C. Definición, clasificación y diagnóstico de la diabetes mellitus. Vol. 10, *Revista Venezolana de Endocrinología y Metabolismo*. 2003.
36. Petersmann A, Nauck M, Müller-Wieland D, Kerner W, Müller UA, Landgraf R, et al. Definition, classification and diagnostics of diabetes mellitus. *J Lab Med*. 2018;42(3).

37. WHO. GLOBAL REPORT ON DIABETES WHO [Internet]. 2016. Available from: http://www.who.int/about/licensing/copyright_form/index.html
38. Hong Sun et al. IDF Diabetes Atlas: Global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045. *Diabetes Res Clin Pract.* 2022;183:109119.
39. Liu J, Ren ZH, Qiang H, Wu J, Shen M, Zhang L, et al. Trends in the incidence of diabetes mellitus: results from the Global Burden of Disease Study 2017 and implications for diabetes mellitus prevention. *BMC Public Health.* 2020;20(1).
40. Ruiz-Ramos M, Escolar-Pujolar A, Mayoral-Sánchez E, Laureano FCS, Fernández-Fernández I. La diabetes mellitus en España: Mortalidad, prevalencia, incidencia, costes económicos y desigualdades. *Gac Sanit.* 2006;20(SUPPL. 1).
41. Sarwar N, Gao P, Kondapally Seshasai SR, Gobin R, Kaptoge S, Di Angelantonio E, et al. Diabetes mellitus, fasting blood glucose concentration, and risk of vascular disease: A collaborative meta-analysis of 102 prospective studies. *Lancet.* 2010;375(9733).
42. Standl E, Khunti K, Hansen TB, Schnell O. The global epidemics of diabetes in the 21st century: Current situation and perspectives. *Eur J Prev Cardiol.* 2019;26(2_suppl).
43. Rigalleau V, Monlun M, Foussard N, Blanco L, Mohammedi K. Diagnóstico de diabetes. *EMC - Tratado Med.* 2021;25(2).
44. Flores Poveda KA, Quiñonez García KJ, Flores Subía DL, Cárdenas Choez CA. Utilidad de hemoglobina glicosilada en diabetes tipo 2. *RECIAMUC.* 2020;4(3).
45. Nathan DM, Balkau B, Bonora E, Borch-Johnsen K, Buse JB, Colagiuri S, et al. International expert committee report on the role of the A1C assay in the diagnosis of diabetes. Vol. 10, *CPD Bulletin Clinical Biochemistry.* 2010.
46. Baran E, Godoy AC, González JA, D'Ascenzo MV, Copparoni G, Zubillaga

- MY, et al. Puntos intermedios de la prueba de tolerancia oral a la glucosa en pacientes adultos con fibrosis quística. *Alad.* 2021;11(2).
47. Admin A, Larrabure-Torrealva G. Pautas para el diagnóstico de la diabetes mellitus gestacional. *Rev Peru Investig Matern Perinat.* 2018;2(1).
 48. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. Vol. 35, *Diabetes Care.* 2012.
 49. Garmendia-Lorena F. El tratamiento actual de la Diabetes Mellitus Tipo 2. *Diagnóstico.* 2020;59(1).
 50. Almeda-Valdés P, Lerman-Garber I, Nishimura-Meguro E. Evolución histórica del tratamiento de la diabetes tipo 1 en México. *Rev Mex Endocrinol Metab y Nutr.* 2021;8(93).
 51. Barrio Castellanos R. Avances en el tratamiento de la diabetes tipo 1 pediátrica. *An Pediatría.* 2021;94(2).
 52. Patricia W, Torres R, Emilia A, Juez M, Gómez JL. Diabetes gestacional : fisiopatología ,. *AVFT Arch Venez Farmacol y Ter.* 2018;37(3).
 53. Forlenza GP, Moran A, Nathan B. Other Specific Types of Diabetes. *Diabetes in America.* 2018.
 54. Kaser S, Winhofer-Stöckl Y, Kazemi-Shirazi L, Hofer SE, Brath H, Sourij H, et al. Other specific types of diabetes and exocrine pancreatic insufficiency (Update 2019). *Wien Klin Wochenschr.* 2019;131.
 55. Mediavilla Bravo JJ. Complicaciones de la diabetes mellitus. Diagnóstico y tratamiento. *Semer - Med Fam.* 2001;27(3).
 56. Pineda Sarabia C, Zarco Vite XJ, Ruiz Morales ML. Retinopatía diabética, una complicación descuidada. *Atención Fam.* 2018;25(2).
 57. Tenorio G, Ramírez Sánchez V. Retinopatía diabética ; conceptos actuales. *Rev Med Hosp Gen Mex.* 2010;73(3).
 58. Ferrer LG, López MR, Santana YM, Hernández MC, Miniet EP, Reydmond KG. Estrategias en el tratamiento de la retinopatía diabética. *Rev Cuba Oftalmol.* 2018;31(1).

59. Silva APP da, Silva AR, Romão JA. Nefropatia diabética: uma revisão integrativa da literatura. *Res Soc Dev.* 2020;9(10).
60. Botero-Rodríguez F, Cruz-Ramírez V, Cote D, Céspedes K, Smith S, Gómez-Restrepo C. Neuropatía diabética y su asociación con síntomas ansiosos. *Univ Médica.* 2021;62(2).
61. Nascimento OJM do, Pupe CCB, Cavalcanti EBU. Diabetic neuropathy Neuropatia diabética. *Rev Dor São Paulo.* 2016;17(Suppl 1).
62. Valdés Ramos E, Valdés Bencosme E, Valdés Bencosme N. Factores de riesgo asociados a las complicaciones cardiovasculares en mujeres de edad mediana con diabetes mellitus tipo 2. *Rev Cuba Endocrinol.* 2020;31(2).
63. Lopez Diaz JM, García Ugalde JP. Factores de Riesgo cardiovasculares asociados a pie Diabético. *Rev Medica Sinerg.* 2019;4(3).
64. Palacios A, Durán M, Obregón O. Factores de riesgo para el desarrollo de Diabetes tipo 2 y Síndrome Metabólico. *Rev Venez Endocrinol y Metab.* 2012;10(1).
65. Fernández O, Buergo MA, López M. Diabetes mellitus y riesgo de ictus. *Rev Cuba Neurol y Neurocir.* 2012;2(1).
66. Aguado Ortego R, Cano Carrizal R, García Vélez AI, Pérez Villacastín B. Artropatía neuropática diabética. *Rev Esp Enfermedades Metab Oseas.* 2002;11(4).
67. Penha D, Pedro J, Cabral P, Rosado E, Paixão P, Pinto E, et al. Artropatia De Charcot: Conceitos Básicos Ilustrados. *Rev Clínica Hosp Prof Dr Fernando Fonseca.* 2013;1(1).
68. PediamécumAEP. Glibenclamida. Agencia Española Medicam y Prod Sanit o la Agencia Eur del Medicam (EMA). 2020;
69. Gómez Santander PA. Sistema electrónico para el monitoreo de los niveles de glucosa en pacientes diabéticos y la detección de hiperglucemia e hipoglucemia síntomas previos a un coma diabético. *Repos Digit Técnica del Norte .* 2021;

70. Fernández JMR. Definición de úlceras del pie diabético. Guía práctica úlceras del pie diabético. 2020;3.
71. Castillo-Núñez Y, Aguilar-Salinas CA. El síndrome del pie diabético: una entidad de etiología multifactorial que debe ser prevenida. Alad. 2020;8(1).
72. Llanes J a., Álvarez HT, Toledo a. M, Fernández JI, Et Al. Manual para la prevención, diagnóstico y tratamiento del pie diabético. Rev Cuba Angiol y Cirugía Vasc. 2009;10(1).
73. Weintrob AAC, Sexton DJ. Manifestaciones clínicas , diagnóstico y tratamiento de las infecciones diabéticas de las extremidades inferiores . UptoDate. 2020;
74. Baselga Torres E, Torres-Pradilla M. Cutaneous Manifestations in Children with Diabetes Mellitus and Obesity. Actas Dermo-Sifiliográficas (English Ed. 2014;105(6).
75. Nather A, Cao S, Chen JLW bajo A. Prevención de las complicaciones del pie diabético. Singapore Med J ; 2018;59(6)(6).
76. IRIBARREN B O, PASSIM G, AYBAR M N, RÍOS M P, GONZÁLEZ A L, ROJAS G MA, et al. Pie diabético: Evolución en una serie de 121 pacientes. Rev Chil cirugía. 2007;59(5).
77. Menjívar Suriano ME. Características sociodemográficas y clínicas de los pacientes con pie diabético. Hospital Nacional San Rafael en 2018. Crea Cienc Rev Científica. 2022;14(1).
78. Reservados D, Ángel M, Romo M, Cleofas M, Ar R, Arriola R. Abordaje multidisciplinario del pie diabético. Rev Endocrinol y Nutr Octubre-Diciembre. 2005;13(4).
79. De La Torre HG, Fernández AM, Lorenzo MLQ, Perez EP, Montesdeoca MDPQ. Classifications of injuries on diabetic foot. A non-solved problem. Vol. 23, Gerokomos. 2012.
80. Lavery LA, Armstrong DG, Harkless LB. Classification of diabetic foot wounds. J Foot Ankle Surg. 1996;35(6).

81. De Alcalá Martínez Gómez D, Guirao Garriga X, Blanes Mompó I, Lozano Sánchez F, Barberán J, García-Rodríguez JA, et al. Documento de consenso sobre el tratamiento antimicrobiano de las infecciones en el pie del diabético. In: Revista Espanola de Quimioterapia. 2007.
82. Noriega F, Villanueva P, Hansen ST. Charcot Foot: Its Functional Reconstruction and Salvage. Rev Española Cirugía Ortopédica y Traumatol (English Ed. 2007;51(3).
83. Schinca N, Alvarez J. Artropatía neuropática o pie de Charcot. Biomedicina. 2012;(1).
84. Pérez-Pevida B, Llaveró M, Gargallo J, Escalada J. Complicaciones microvasculares de la diabetes. Med. 2016;12(17).
85. Orduz A, Tique C, Stetphens I, González A, Noel B, Tamayo D. Pie risk, una herramienta para la prevención del pie diabético. Rev Colomb Endocrinol Diabetes Metab. 2017;3(1).
86. Formiga NPF, Firmino PRA, De Cássia Félix Rebouças V, Oliveira CJ, De Araújo MFM, Alencar AMPG. Risk stratification for diabetic foot in a population of elderly attended in primary health care. Rev Baiana Enferm. 2020;34.
87. González De La Torre H, Perdomo Pérez E, Quintana Lorenzo ML, Fernández AM. Risk stratification in diabetic foot. Gerokomos. 2010;21(4).
88. Álvarez Seijas E, Mena Bouza K, Faget Cepero O, Conesa González AI, Domínguez Alonso E. El pie de riesgo de acuerdo con su estratificación en pacientes con diabetes mellitus. Rev Cuba Endocrinol. 2015;26(2).
89. Luna JLP. Pie diabético: Reporte de un caso y criterios de amputación. Med Interna Mex. 2009;25(5).
90. Brighton CT. The biology of fracture repair. Instr Course Lect. 1984;33.
91. Kwong FNK, Harris MB. Recent developments in the biology of fracture repair. Vol. 16, Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. 2008.

92. Aragón Olaguibel A, García López M. CAPÍTULO 10-PRINCIPIOS BIOLÓGICOS Y MECÁNICOS EN EL TRATAMIENTO DE LAS FRACTURA. Hospital Príncipe de Asturias. 2018;
93. Ghiasi MS, Chen J, Vaziri A, Rodriguez EK, Nazarian A. Bone fracture healing in mechanobiological modeling: A review of principles and methods. Vol. 6, Bone Reports. 2017.
94. Carter DR, Wong M, Orr TE. Musculoskeletal ontogeny, phylogeny, and functional adaptation. J Biomech. 1991;24(SUPPL. 1).
95. Forriol F. Bone response to mechanical demand under physiological conditions | Respuesta ósea a las sollicitaciones mecánicas en condiciones fisiológicas. Rev Ortop y Traumatol. 2001;45(3).
96. Wildemann B, Ignatius A, Leung F, Taitzman LA, Smith RM, Pesántez R, et al. Non-union bone fractures. Vol. 7, Nature Reviews Disease Primers. 2021.
97. Padilla-Eguiluz NG, Gómez-Barrena E. Epidemiology of long bone non-unions in Spain. Injury. 2021;52.
98. Cevolani L, Bianchi G, Costantino E, Staals E, Lucarelli E, Spazzoli B, et al. Minimally invasive treatment of long bone non-unions with bone marrow concentrate, demineralized bone matrix and platelet-rich fibrin in 38 patients. J Tissue Eng Regen Med. 2021;15(10).
99. Ekegren CL, Edwards ER, de Steiger R, Gabbe BJ. Incidence, costs and predictors of non-union, delayed union and mal-union following long bone fracture. Int J Environ Res Public Health. 2018;15(12).
100. Ekegren CL, Gabbe BJ, Edwards ER, Steiger R de, Page R. 791 Incidence, costs and outcomes of non-union, delayed union and mal-union following long bone fracture. Inj Prev. 2016;22(Suppl 2).
101. Dunlop S, Ekegren C, Edwards E, de Steiger R, Page R, Gabbe B. Hospital Admissions and Inpatient Costs of Non-Union, Delayed Union and Mal-Union Following Long Bone Fracture. Value Heal. 2016;19(7).
102. An W, Ye P, Zhu T, Li Z, Sun J. Platelet-Rich Plasma Combined With

- Autologous Grafting in the Treatment of Long Bone Delayed Union or Non-union: A Meta-Analysis. Vol. 8, *Frontiers in Surgery*. 2021.
103. Uysal S, Arda B, Taşbakan MI, Çetinkalp Ş, Şimşir IY, Öztürk AM, et al. Risk factors for amputation in patients with diabetic foot infection: a prospective study. *Int Wound J*. 2017;14(6).
 104. Sen P, Demirdal T, Emir B. Meta-analysis of risk factors for amputation in diabetic foot infections. *Diabetes Metab Res Rev*. 2019;35(7).
 105. Shirzad K, Kiesau CD, DeOrio JK, Parekh SG. Lesser toe deformities. Vol. 19, *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. Lippincott Williams and Wilkins; 2011. p. 505–14.
 106. Ababneh A, Bakri FG, Khader Y, Lazzarini P, Ajlouni K. Prevalence and Associates of Foot Deformities among Patients with Diabetes in Jordan. *Curr Diabetes Rev*. 2019;16(5).
 107. Khan N, Sapsed S. Diabetes foot complication: assessing primary and secondary outcomes of multidisciplinary team versus standard care (a systematic review). *Int J Diabetes Dev Ctries*. 2017;37(2).
 108. Dewi F, Hinchliffe RJ. Foot complications in patients with diabetes. Vol. 38, *Surgery (United Kingdom)*. 2020.
 109. Chiu WK, Yang TF, Wang HJ, Chen C. Assessment of Outcomes of a Metatarsal Bone Osteotomy for Chronic Plantar Ulcers: A Preliminary Study. *Ann Plast Surg*. 2020;84(1S Suppl 1).
 110. Tamir E, Finestone AS, Avisar E, Agar G. Mini-Invasive floating metatarsal osteotomy for resistant or recurrent neuropathic plantar metatarsal head ulcers. *J Orthop Surg Res*. 2016;11(1).
 111. Biz C, Ruggieri P. Minimally Invasive Surgery: Osteotomies for Diabetic Foot Disease. Vol. 25, *Foot and Ankle Clinics*. 2020.
 112. Yammine K, Nahed M, Assi C. Metatarsal Osteotomies for Treating Neuropathic Diabetic Foot Ulcers: A Meta-analysis. Vol. 12, *Foot and Ankle Specialist*. 2019.

113. Tamir E, Vigler M, Avisar E, Finestone AS. Percutaneous tenotomy for the treatment of diabetic toe ulcers. *Foot Ankle Int.* 2014;35(1).
114. Lazzarini PA, Jarl G, Gooday C, Viswanathan V, Caravaggi CF, Armstrong DG, et al. Effectiveness of offloading interventions to heal foot ulcers in persons with diabetes: a systematic review. *Diabetes Metab Res Rev.* 2020;36(S1).
115. Cunha JS, Ferreira VM, Maquigussa E, Naves MA, Boim MA. Effects of high glucose and high insulin concentrations on osteoblast function in vitro. *Cell Tissue Res.* 2014;358(1).
116. Sihota P, Yadav RN, Dhaliwal R, Bose JC, Dhiman V, Neradi D, et al. Investigation of Mechanical, Material, and Compositional Determinants of Human Trabecular Bone Quality in Type 2 Diabetes. *J Clin Endocrinol Metab.* 2021;106(5).
117. Ho-Pham LT, Nguyen T V. Association between trabecular bone score and type 2 diabetes: a quantitative update of evidence. *Osteoporos Int.* 2019;30(10).
118. Giner M, Miranda C, Vázquez-Gámez MA, Altea-Manzano P, Miranda MJ, Casado-Díaz A, et al. Microstructural and strength changes in trabecular bone in elderly patients with type 2 diabetes mellitus. *Diagnostics.* 2021;11(3).
119. Murray CE, Coleman CM. Impact of diabetes mellitus on bone health. Vol. 20, *International Journal of Molecular Sciences.* 2019.
120. Fleischli JG, Laughlin TJ, Lavery LA, Shah B, Lanctot D, Agrawal CM, et al. The effects of diabetes mellitus on the material properties of human metatarsal bones. *J Foot Ankle Surg.* 1998;37(3).
121. Gerstenfeld LC, Wronski TJ, Hollinger JO, Einhorn TA. Application of histomorphometric methods to the study of bone repair. Vol. 20, *Journal of Bone and Mineral Research.* 2005.
122. Jansen H, Jordan M, Frey S, Hölscher-Doht S, Meffert R, Heintel T. Active controlled motion in early rehabilitation improves outcome after ankle

- fractures: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2018;32(3).
123. Yammine K, Assi C. Surgical Offloading Techniques Should be Used More Often and Earlier in Treating Forefoot Diabetic Ulcers: An Evidence-Based Review. Vol. 19, *International Journal of Lower Extremity Wounds.* 2020.
 124. Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS, Sanders M. Clinical Rating Systems for the Ankle-Hindfoot, Midfoot, Hallux, and Lesser Toes. *Foot Ankle Int.* 1994;15(7).
 125. Calderón Garcidueñas J, Castillo Carranza MJ, Pavón Salas D, Mireles Díaz JA, González Gutiérrez R. Fracturas con retardo en la consolidación ósea o pseudoartrosis: tratamiento no invasivo con electroestimulación galvánica transcutánea. *Acta Ortopédica Mex.* 2001;15(6).
 126. Charan J, Biswas T. How to calculate sample size for different study designs in medical research? Vol. 35, *Indian Journal of Psychological Medicine.* 2013.
 127. Krannitz KW, Fong HW, Fallat LM, Kish J. The Effect of Cigarette Smoking on Radiographic Bone Healing After Elective Foot Surgery. *J Foot Ankle Surg.* 2009;48(5).
 128. SooHoo NF, Shuler M, Fleming LL. Evaluation of the validity of the AOFAS clinical rating systems by correlation to the SF-36. *Foot Ankle Int.* 2003;24(1).
 129. Schneider W, Jurenitsch S. Normative data for the American Orthopedic Foot and Ankle Society ankle-hindfoot, midfoot, hallux and lesser toes clinical rating system. *Int Orthop.* 2016;40(2).
 130. González-Estavillo AC, Jiménez-Ramos A, Rojas-Zarco EM, Velasco-Sordo LR, Chávez-Ramírez MA, Coronado-Ávila SA. Correlación entre las escalas unidimensionales utilizadas en la medición de dolor postoperatorio. *Rev Mex Anestesiología.* 2018;41(1).
 131. Vicente Herrero MT, Delgado Bueno S, Bandrés Moyá F, Ramírez Iñiguez de la Torre MV, Capdevila García L. Valoración del dolor. Revisión Comparativa de Escalas y Cuestionarios. *Rev la Soc Española del Dolor.*

2018;

132. José Cid C, Juan Pablo Acuña B, Javier de Andrés A, Luis Díaz J, Leticia Gómez-Caro A. ¿Qué y cómo evaluar al paciente con dolor crónico? evaluación del paciente con dolor crónico. *Rev Médica Clínica Las Condes*. 2014;25(4).
133. White DL. Minimal incision approach to osteotomy of the hallux. *Clin Podiatr Med Surg*. 1991;8(1).
134. Gehrke JC, Mellenberg DE, Donnelly RE, Johnson KA. Technique tips: The fluoroscan imaging system in foot and ankle surgery. *Foot Ankle*. 1993;14(9).
135. Ojeda-Reyes Á, Barragán-Hervella RG, Vallecillo-Velázquez H, Alvarado-Ortega I, Romero-Figueroa MS, Montiel-Jarquín Á. Functional and radiological evaluation of patients with midshaft clavicle fracture surgically treated. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. 2016;54.
136. Azevedo Filho FAS de, Cotias RB, Azi ML, Teixeira AA de A. Reliability of the radiographic union scale in tibial fractures (RUST). *Rev Bras Ortop (English Ed)*. 2017;52(1).
137. Frank T, Osterhoff G, Sprague S, Garibaldi A, Bhandari M, Slobogean GP. The Radiographic Union Score for Hip (RUSH) Identifies Radiographic Nonunion of Femoral Neck Fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 2016;474(6).
138. Shoji KE, Earp BE, Rozental TD. The Effect of Bisphosphonates on the Clinical and Radiographic Outcomes of Distal Radius Fractures in Women. *J Hand Surg Am*. 2018;43(2).
139. Hopkins WG. A new view of statistics: A scale of magnitudes for effect statistics. *Sportscience*. 2002.
140. Lekkala S, Taylor EA, Hunt HB, Donnelly E. Effects of Diabetes on Bone Material Properties. Vol. 17, *Current Osteoporosis Reports*. 2019.
141. Schwartz A V. Impact of diabetes and its treatment on bone. *Clin Rev Bone Miner Metab*. 2009;7(3).

142. Samelson EJ, Demissie S, Cupples LA, Zhang X, Xu H, Liu CT, et al. Diabetes and Deficits in Cortical Bone Density, Microarchitecture, and Bone Size: Framingham HR-pQCT Study. *J Bone Miner Res.* 2018;33(1).
143. Rigalleau V, Cherifi B, Blanco L, Alexandre L, Mohammedi K. Tratamiento de la diabetes tipo 2. *EMC - Tratado Med.* 2018;22(2).
144. Hoyo-Pérez LI, Doger-Echegaray P, King-Martínez AC. Identificación por imágenes del paciente con pie diabético del tipo de lesiones que requirieron o requerirán amputación. *Acta Ortopédica Mex.* 2020;34(2).
145. Ahluwalia R, Maffulli N, Lázaro-Martínez JL, Kirketerp-Møller K, Reichert I. Diabetic foot off loading and ulcer remission: Exploring surgical off-loading. Vol. 19, *Surgeon.* 2021.
146. Armstrong DG, Frykberg RG. Classifying diabetic foot surgery: Toward a rational definition. *Diabet Med.* 2003;20(4).
147. Palmanovich E, Ohana N, Slevin O, Tamir E, Ilan S, Segal D, et al. Proximal Derotation Phalangeal Osteotomy for Medial First Toe Diabetic Ulcer. *Indian J Orthop.* 2021;55.
148. Delgado A. Factores clínicos que modifican la consolidación de fracturas. *Semin Médico.* 2003;56.
149. Bousson V, Bergot C, Sutter B, Thomas T, Bendavid S, Benhamou CL, et al. Trabecular Bone Score: Where are we now? Vol. 82, *Joint Bone Spine.* 2015.
150. Caterini R, Farsetti P, Tarantino U, Potenza V, Ippolito E. Arthrodesis of the toe joints with an intramedullary cannulated screw for correction of hammertoe deformity. Vol. 25, *Foot and Ankle International.* 2004.
151. Wei RXY, Ling SKK, Lui TH, Yung PSH. Ideal implant choice for proximal interphalangeal joint arthrodesis in hammer toe/claw toe deformity correction: A systematic review. Vol. 28, *Journal of Orthopaedic Surgery.* 2020.

9. ANEXOS

9.1. ANEXO 1: DOCUMENTO DE RECOGIDA DE DATOS PREQUIRÚRGICO

ESTUDIO: CRONOLOGÍA DE LA CONSOLIDACIÓN ÓSEA DEL DEDO EN GARRA
INTERVENIDO EN PACIENTES DIABÉTICOS VS. NO DIABÉTICOS

DOCUMENTO DE RECOGIDA DE DATOS PREQUIRÚRGICOS

N.H.C: Caso N°:
Sexo: Edad: Pie:

ANTECEDENTES PERSONALES

SI NO CARDIOVASC.	SI NO DIABETES	SI NO OSTEOARTICULAR
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Hipertensión	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Artritis
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Angina / I. Mioc.	En caso positivo:	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Artrosis
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Arritmias	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Tipo I	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Osteoporosis
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Flebitis	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Tipo II	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Otros
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Otras		
SI NO FUMADOR		
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		

Explicación de datos positivos:
.....
Medicación en curso:
.....

9.2. ANEXO 2. CUESTIONARIO ESCALAS AOFAS Y EVA PREQUIRÚRGICO

CUESTIONARIOS DE VALORACIÓN PREQUIRÚRGICA

Caso n^o:

ESCALA AOFAS

DOLOR (40 puntos)	
Ninguno	40
Leve, ocasional	30
Moderado, diario	20
Grave, presente casi siempre	0
FUNCIÓN (45 puntos)	
Limitaciones de la actividad	
No limitación	10
No limitaciones cotidianas, limitaciones para actividades recreativas	7
Limitación de actividades cotidianas y recreativas	4
Limitación grave para todas las actividades	0
Calzado	
Calzado convencional, sin plantillas	10
Calzado confortable, plantillas	5
Zapatos ortopédicos o modificados	0
Movilidad de la MTF (flexión + extensión)	
Normal o leve restricción (75° o más)	10
Restricción moderada (30° a 70°)	5
Restricción grave (menos de 30°)	0
Movilidad de la IF (flexión plantar)	
No restricción	5
Restricción grave	0
Estabilidad MTF-IF (todas las direcciones)	
Estable	5
Inestable o luxable	0
Callo MTF-IF	
No callo o asintomático	5
Callo sintomático	0
ALINEAMIENTO (15 puntos)	
Bueno, dedo bien alineado	15
Aceptable, ligero mal alineamiento	8
Malo, mal alineamiento, grave, síntomas	0
PUNTUACIÓN TOTAL	

ESCALA EVA

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

9.3. ANEXO 3. DOCUMENTO DE RECOGIDA DE DATOS POSTQUIRÚRGICO

ESTUDIO: CRONOLOGÍA DE LA CONSOLIDACIÓN ÓSEA DEL DEDO EN GARRA INTERVENIDO EN PACIENTES DIABÉTICOS VS. NO DIABÉTICOS

DOCUMENTO DE RECOGIDA DE DATOS POSTQUIRÚRGICOS

N.H.C: Caso N.º:
Dedos intervenidos: Dedo evaluado:

EVALUACIÓN SEMANAL	Escala Montoya	Rango de intensidad de la reparación
Semana 1		
Semana 2		
Semana 3		
Semana 4		
Semana 5		
Semana 6		
Semana 7		
Semana 8		

COMPLICACIONES:
.....
.....

DÍAS DE CONSOLIDACIÓN:
DÍAS DE ALTA:

9.4. ANEXO 4. CUESTIONARIO ESCALAS AOFAS Y EVA POSTQUIRÚRGICO

CUESTIONARIOS DE VALORACIÓN POSTQUIRÚRGICO

Caso n^o:

ESCALA AOFAS

DOLOR (40 puntos)	
Ninguno	40
Leve, ocasional	30
Moderado, diario	20
Grave, presente casi siempre	0
FUNCION (45 puntos)	
Limitaciones de la actividad	
No limitación	10
No limitaciones cotidianas, limitaciones para actividades recreativas	7
Limitación de actividades cotidianas y recreativas	4
Limitación grave para todas las actividades	0
Calzado	
Calzado convencional, sin plantillas	10
Calzado confortable, plantillas	5
Zapatos ortopédicos o modificados	0
Movilidad de la MTF (flexión + extensión)	
Normal o leve restricción (75° o más)	10
Restricción moderada (30° a 70°)	5
Restricción grave (menos de 30°)	0
Movilidad de la IF (flexión plantar)	
No restricción	5
Restricción grave	0
Estabilidad MTF-IF (todas las direcciones)	
Estable	5
Inestable o luxable	0
Callo MTF-IF	
No callo o asintomático	5
Callo sintomático	0
ALINEAMIENTO (15 puntos)	
Bueno, dedo bien alineado	15
Aceptable, ligero mal alineamiento	8
Malo, mal alineamiento, grave, síntomas	0
PUNTUACIÓN TOTAL	

ESCALA EVA

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

9.5. ANEXO 5. PRESCRIPCIÓN PREOPERATORIA



Paciente:

Diagnóstico:

Pre- operatorio: Análisis: -Hemograma, VSG

-Glucosa, Urea, Creatinina, Colesterol, Triglicéridos, GOT, GPT, Na K.

-Pruebas de Coagulación.

Eco Doppler.

Madrid, de del .

9.6. ANEXO 6. CONSENTIMIENTO INFORMADO

Doctorando: Cristina Batalla Salgado

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA INCLUSIÓN EN ESTUDIO CLÍNICO

REFERENCIA ESTUDIO: *CRONOLOGÍA DE LA CONSOLIDACIÓN ÓSEA DEL DEDO EN GARRA INTERVENIDO EN PACIENTES DIABÉTICOS vs NO DIABÉTICOS.*

- **DESCRIPCIÓN GENERAL Y OBJETIVOS:** Este estudio pretende evaluar el tiempo de consolidación ósea del dedo en garra intervenido en pacientes diabéticos y en no diabéticos, identificar las posibles variables en la cronología de consolidación de ambos grupos, así como analizar las diferencias y similitudes entre el período de consolidación ósea y el tiempo de cicatrización epitelial en los pacientes diabéticos.
- **ANTECEDENTES:** Estudios recientes han aportado clasificaciones graduales sobre las afecciones del pie diabético, protocolos de actuación y métodos de prevención para la conservación de los miembros. Sin embargo, son escasas las investigaciones acerca de la prevención, desarrollo y curación de las afecciones óseas concretas que rodean esta enfermedad.
Cuando hablamos de consolidación ósea nos referimos al fenómeno por el cual, en caso de fractura, el hueso se solidifica para estabilizar los dos fragmentos óseos y restituirles su función. Este proceso de cicatrización ósea pasa con la formación de un callo óseo (después de la fractura aparece un hematoma, después un callo fibroso que estabiliza la zona de fractura y después, por fin, el callo óseo). La consolidación ósea se termina modelando el callo para asegurar así una unión eficaz.
- **PROCEDIMIENTO Y MÉTODO DE ESTUDIO:**
 - Control fluoroscópico del proceso de consolidación ósea postquirúrgico de los dedos intervenidos.
 - Inclusión en los grupos de clasificación.
- **EFECTOS SECUNDARIOS Y RIESGOS:** El estudio se realiza en zona radiológicamente vigilada y hasta el presente no se han descrito efectos secundarios ni riesgos para el paciente.
- **AUTORIZACIÓN:**

Yo _____ certifico que he entendido el presente documento de información y consentimiento sobre el estudio referenciado y autorizo mi inclusión en el grupo de pacientes para dicho fin. Certifico que se me ha expuesto la naturaleza, objetivos, procedimientos y riesgos potenciales que pueda conllevar, y que he comprendido todas las respuestas a las preguntas que sobre el mismo he formulado.

Firma

9.7. ANEXO 7. INFORME COMITÉ ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN UCV



INFORME DEL COMITÉ DE ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALENCIA SAN VICENTE MÁRTIR (CEI).

Dra. Mar Aranda Jurado, Secretaria del Comité de Ética de la Investigación de la Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir

Certifico que:

Ha tenido entrada en la reunión del Comité de Ética de la Investigación (CEI) de la Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir en su reunión, de fecha **25 de marzo de 2021**, la solicitud de evaluación del proyecto de investigación, relacionado a continuación:

Título: **"Cronología de la consolidación ósea del dedo en garra intervenido en pacientes diabéticos vs no diabéticos"**

Código del proyecto: **UCV/2019-2020/159**

Investigador Principal: **Cristina Batalla Salgado**

El Comité de Ética de la Investigación ha acordado **informar favorablemente el mismo**.

Valencia, 29 de marzo de 2021.

**MARIA MAR
ARANDA
JURADO**

Digitally signed by MARIA MAR|
ARANDA|JURADO
DN: cn=MARIA MAR|ARANDA|
JURADO,
serialNumber=52648490H,
givenName=MARIA MAR,
sn=ARANDA JURADO,
ou=CIUDADANOS, o=ACCV, c=ES
Date: 2021.03.28 22:08:01 +01'00'

Mar Aranda Jurado
Secretaria del Comité de Ética de la Investigación

9.8. ANEXO 8. ARTÍCULO PUBLICADO



OPEN ACCESS

EDITED BY

Jaimo Ahn,
University of Michigan, United States

REVIEWED BY

A Federico Palomar Llatas,
Hospital General Universitario De Valencia,
Spain

Almudena Cecilia Matilla,
Ramón y Cajal University Hospital, Spain
Raquel Sánchez-Rodríguez,
University of Extremadura, Spain

*CORRESPONDENCE

Javier Ferrer Torregrosa
javier.ferrer@ucv.es

SPECIALTY SECTION

This article was submitted to Orthopedic
Surgery, a section of the journal *Frontiers in
Surgery*

RECEIVED 24 August 2022

ACCEPTED 24 November 2022

PUBLISHED 12 December 2022

CITATION

Batalla-Salgado C, Ferrer-Torregrosa J, Muñoz-
Piqueras F, Muñoz Bautista M and Barrios C
(2022) Comparative analysis of bone
consolidation chronology in claw toes operated
through minimal invasive osteotomies in
diabetic vs. non-diabetic patients.
Front. Surg. 9:1027094.
doi: 10.3389/fsurg.2022.1027094

COPYRIGHT

© 2022 Batalla-Salgado, Ferrer-Torregrosa,
Muñoz-Piqueras, Muñoz Bautista and Barrios.
This is an open-access article distributed under
the terms of the [Creative Commons Attribution
License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). The use, distribution or
reproduction in other forums is permitted,
provided the original author(s) and the
copyright owner(s) are credited and that the
original publication in this journal is cited, in
accordance with accepted academic practice.
No use, distribution or reproduction is
permitted which does not comply with these
terms.

Comparative analysis of bone consolidation chronology in claw toes operated through minimal invasive osteotomies in diabetic vs. non-diabetic patients

Cristina Batalla-Salgado¹, Javier Ferrer-Torregrosa^{2*},
Francisco Muñoz-Piqueras³, Miguel Muñoz Bautista³
and Carlos Barrios⁴

¹Doctorate School, Valencia Catholic University "San Vicente Mártir", Valencia, Spain, ²Podiatry Department, School of Medicine and Health Sciences, Valencia Catholic University "San Vicente Mártir", Valencia, Spain, ³Surgery Unit of Piqueras Clinic, Madrid, Spain, ⁴Institute for Research on Musculoskeletal Disorders, School of Medicine and Health Sciences, Valencia Catholic University "San Vicente Mártir", Valencia, Spain

Objective: To compare bone healing time in osteotomies performed in claw toes correction through minimal invasive surgery in diabetic vs. non-diabetic patients. The relation between the patient's ages and the American Orthopedic Foot and Ankle Surgery Society (AOFAS) functional scores before and after surgery was also analyze in the two types of patients.

Method: A series of 45 women, 23 of them suffering from Diabetes Mellitus, were operated to correct claw toes. The surgery was always performed through minimal invasive digital osteotomies. After the intervention, bone healing was controlled by a fluoroscopic weekly follow-up until a complete bone consolidation was reached. Bone healing time was compared in in two groups of patients, diabetic and non-diabetic. All patients were evaluated with AOFAS scale 48 h before and 90 days after the intervention.

Results: The time of bone healing ranged from 24 to 40 days after the surgery and took shorter time of consolidation in non-diabetic patients although the Mann Withney *U* test did not show statistically significant differences ($p = 0.409$, effect size [ES] = 0.14 [-0.20 to 0.45]) between both groups. A statistically significant association ($r = 0.71$, $R^2 = 50\%$, $p < 0.001$) was found between the healing days and the day of medical discharge, also between the ages of the patients and the medial discharge ($r = 0.36$, $R^2 = 13\%$, $p < 0.001$). However, no statistically significant associations were found between pre-intervention glycemia and days of bone consolidation, neither in medical discharge ($r = 0.07$, $p = 0.646$ y $r = 0.07$, $p = 0.648$, respectively). AOFAS test scores and the diabetes status showed statistically significant differences, both in the main effect of Diabetes ($F_{[1,43]} = 9.41$, $p = 0.004$) as in the interaction between diabetes and age ($F_{[1,43]} = 9.17$, $p = 0.004$).

Conclusions: The bone healing time in claw toes operated through minimal invasive osteotomy surgery is not influenced by the presence of diabetes. The consolidation speed and the improvement in AOFAS functional scale score post-surgery in diabetic and elder patients was related to duration of the medical discharge.

KEYWORDS

claw toe, minimally invasive surgery, diabetic patients, bone consolidation, AOFAS scale

Introduction

The prevalence rate of diabetes mellitus (DM) is growing every day according to World Health Organization (WHO) reports (1) and the International Diabetes Federation (2). Since the end of the last century, the number of people with DM has doubled, reaching more than 463 million people last year, with type 2 diabetic patients representing 90% of those with the disease. This fact could reflect a significant lack of control of healthy lifestyle habits such as diet and/or smoking habits (3). On the other hand, epidemiological evidence has shown that the prevalence of this disease will increase up to 700 million people by 2045 (4), as a result, hospital burden resulting from DM treatments can rise steeply.

Particularly, the diabetic foot is one of the most serious DM conditions, with non-traumatic amputation of the limb being one of the major complications (5). A recent meta-analysis conducted by Sen et al. (6), with more than 1,800 patients, showed that male sex, smoking, history of amputation and history of osteomyelitis were the variables most associated with amputation in patients with diabetic foot infections. Therefore, it is important to analyze how to prevent severe complications with both resolutive and prophylactic treatments. In this sense, arthropathies linked to vasculopathy in the diabetic foot are triggers of potential amputations, so that the correction of the former benefits its preservation (7, 8). Among these arthropathies affecting the forefoot, digital deformities (i.e., claw, hammer, and mallet toe) and deformities of the first radius (i.e., hallux valgus) are the most common (9). An investigation led by Ababneh et al. (10) with 1,000 patients showed that foot deformities in patients showed that more than 17% had hallux valgus whilst 16% had claw or hammer toes.

Previous studies have shown that osteotomies can help as a treatment to relieve plantar pressures generated by anatomical deformities (11–14), flexor tenotomies for digital alterations (15), as well as gastrocnemius lengthening to unload excessive metatarsal and digital area load (16).

Other studies have described deleterious effects of diabetic hyperglycemia on bone tissue quality (17), for example fragility or energy absorption (18), changes in trabecular volume and thickness (19) as well as mechanical properties (20) in addition to variants in the properties of collagen, minerals, and AGEs (advanced glycation products) (20, 21).

The accumulation of these diabetic exposure changes in bone cell activity could impair consolidation and long-term progenitor cell potential and may create vascular deficiencies at the fracture site (22). These effects could be comparable to those caused by aging on bone structural integrity (23). The sum of histological changes that the bone undergoes suggests standardized histomorphometry evaluations by means of radiographic images that allow the assessment of its evolution (24) and the relationship between different groups of patients.

It is important to keep in mind the functional assessment of patients after surgery. In this sense, the American Orthopedic Foot, and Ankle Surgery Society (AOFAS) questionnaire is usually the most used to measure the functional assessment of patients. The score ranges from 0 to 100 depending on the degree of limitation of the patient. A score close to 0 is evidence of poor function, while scores close to 100 show improved foot and ankle function (24, 25).

Given the importance of ulcer prevention in patients with DM and the high incidence of non-traumatic amputations of the foot (26), rapid action by means of an osteotomy to correct claw toes could help to avoid the outcome of amputation (27). However, scientific studies comparing variables such as consolidation time in DM patients are scarce. Therefore, this study aimed to compare the bone consolidation time of osteotomies performed for claw toe correction by minimally invasive surgery in diabetic patients compared to non-diabetic patients. On the other hand, the second objective of the present investigation was to analyze the relationship between patient age and functional scores (i.e., AOFAS) after surgery regarding the patient condition (i.e., diabetic vs. non-diabetic). We hypothesize that the time to consolidation in patients with diabetes (previous normal glucose levels) will be similar compared to patients without diabetes. On the other hand, older diabetic patients will have greater perceived improvement in functionality scores.

Material and methods

Participants

Consecutive subjects with a diagnosis of claw toes presenting to a Surgery Unit of Piqueras Clinic, Madrid, Spain, from January 2021 to January 2022 were screened for

inclusion in this study. Finally, a total of 49 participants were recruited for this descriptive-correlational study. The mean and standard deviation (SD) of age was 70 ± 9.28 years. From the total sample size, 51.15% ($n = 23$) were diabetic (see Table 1). The eligibility criteria of the present study were, inclusion criteria: a) patient with central claw toes, b) > 50 years and c) women. On the other hand, the exclusion criteria were a) previous foot surgeries (i.e., hallux valgus surgery, hallux rigidus, metatarsal osteotomies, digital osteotomies, exostectomies, tenotomies, capsulotomies), and b) uncontrolled blood sugar levels (i.e., fasting plasma glucose <80 to 130 < mg/dl). All participants were informed about the risks and benefits of participating in the investigation. Subsequently, they signed an informed consent. The study was authorized by the Research Ethics Committee of the Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir (Ref. UCV/2029-2020/159).

Procedure

Prior to surgery, each patient underwent an initial anamnesis according to age, sex, smoker or non-smoker, pathologic status (i.e., diabetic and/or non-diabetic), glycemic value, osteoarticular diseases and cardiovascular alterations and peripheral vascular evaluation with Doppler and sphygmomanometer. Femoral, Popliteal, Posterior Tibial and Pedal pulses were measured, moreover to the Radial pulse for the calculation of the Ankle-Brachial Index (ABI). No alterations were observed in the pulses or ABI; all participants had normal values of 0.9 and 1, so the risk of peripheral

vascular disease in the participants was minimal with perfect diabetic control in these patients.

In addition, an assessment of their metatarsophalangeal status by AOFAS scale (28, 29) and pain intensity with a visual analogue scale (VAS) was done (30). The AOFAS clinical scale system allows the assessment of 3 main dimensions: pain (i.e., mild, moderate, and severe), function (i.e., divided into six subscales) and foot alignment (i.e., good, fair, or poor). Previous research has shown the validity and adequate reliability of the AOFAS questionnaire (31, 32). The AOFAS clinical evaluation system was administered 48 h before surgery and 90 days after surgery.

Surgical procedure

All patients underwent plantar base osteotomy at the base of the proximal phalanx and dorsal base osteotomy at the middle phalanx, described by Dr. Isham, both by MIS (33-35) (Figure 1 and Figure 2). In some cases, soft tissue release through tenotomies was necessary according to accepted guidelines (35). All procedures were performed under regional anesthesia (Mepivacacia 2% and Bupivacaine 0.5%) of the operated limb by the same surgeon. Finally, a bandage was made to control the osteotomies and the correct alignment of the digits by means of Hypafix® (see Figure 3).

Post-surgical control

All the surgeries were successfully performed. Each patient who underwent surgery was able to walk immediately after the surgery with the post-surgical shoe (Herbitas® surgical shoe model, valid for right/left foot) with a flat non-slip sole and Velcro fastening. The first revision by the surgeon took place 48 h after each operation. Each revision had a thorough fluoroscopic control. The patients were supervised on a weekly basis. Bone consolidation was assessed based on the Montoya Scale for post diaphyseal fracture bone callus formation (36, 37), whilst the fluoroscope was used to monitor the evolution of the osteotomies until complete consolidation and recovery of the finger was obtained. The degree of consolidation was classified as grade I mild consolidation, grade II and III moderate consolidation and grade IV total consolidation.

Statistical analysis

All variables were expressed as a mean and SD. The normality assumption (i.e., Kormogorov-Smirnov test) and homogeneity of variances (i.e., Levene's test) were analyzed. Generally, whenever both assumptions were met, an independent samples *t*-test was performed. If either assumption was not met, the nonparametric version (i.e., Mann-Whitney *U*) was performed. The effect size

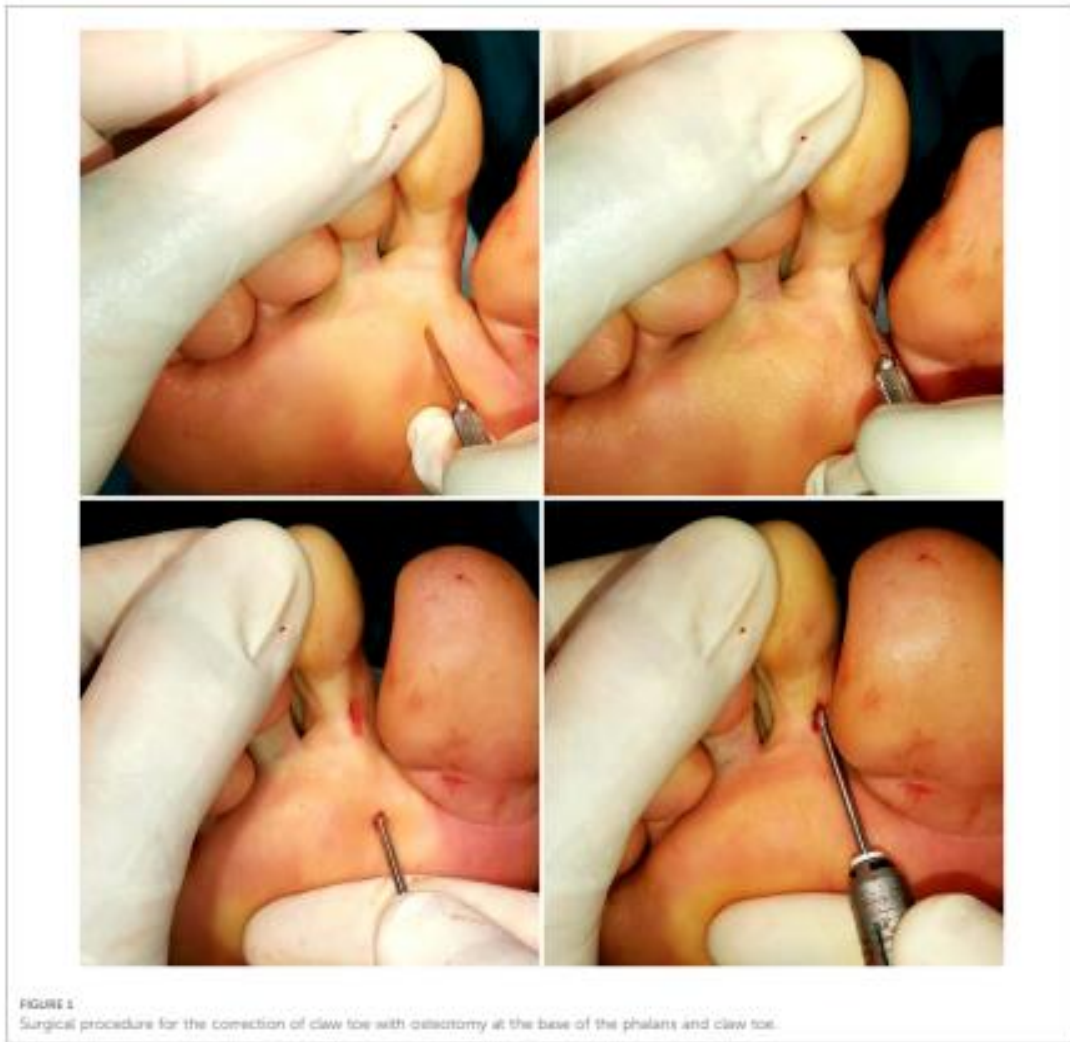
TABLE 1 Participants characteristics included in the present study.

Variable	Total n (SD)	Diabetes		p-value
		Yes n (SD)	No n (SD)	
Participants (n)	45	23	22	na
Age (years)	70.6 (9.96)	76.59 (6.35)	64.87 (9.46)	< 0.001**
Foot (n = Right/n = Left)	34/11	18/4	16/7	0.490
Osteoarticular Disease				
Arthritis	16/45	11/22	5/23	0.048*
Arthrosis	22/45	15/22	7/23	0.002**
Osteoporosis	3/45	0/22	3/23	0.080
Cardiovascular Disease	45	13/22	9/23	0.181
Pre-intervention Glucose	95.24 (11.52)	95.96 (11.93)	94.57 (11.35)	0.955
Days consolidation	34 (3.86)	35 (3.64)	34 (4)	0.158
High Days	52 (4.34)	53 (3.75)	51 (4.71)	0.108

SD, standard deviation; na, not applied.

**p* < 0.05.

***p* < 0.001.



(ES) was calculated using Cohen's formulas, considering an ES < 0.19 trivial, 0.20–0.49 small, 0.50–0.79 moderate and > 0.80 large (18). The relationships between variables were performed using Pearson's or Spearman's correlation coefficient, in case of non-normality. The level of statistical significance was set at $p < 0.05$. All analyses were performed using the statistical analysis software JASP (The Netherlands).

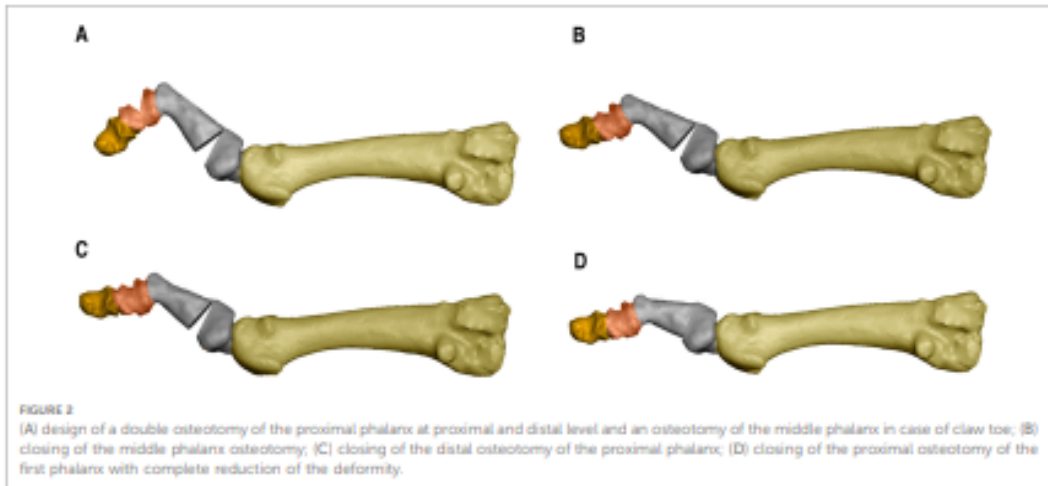
Results

Of the forty-nine ($n = 49$) participants with potential to be evaluated in this study, finally forty-five ($n = 45$) patients were recruited. Four participants were excluded due to no meet

the inclusion criteria "c". Therefore, a total of twenty-three participants ($n = 23$, 51%) were categorized as a diabetic condition, being twenty-two participants ($n = 22$, 49%) non-diabetics (see Figure 4).

Although non-diabetic patients took less time to complete bone consolidation (range between 24 and 40 days) after the intervention, the Mann-Whitney U did not reveal statistically significant differences ($p = 0.409$, ES = 0.14 [-0.20 to 0.45]) in the comparison of consolidation time between patients with diabetes vs. non-diabetic patients. The mean and SD of consolidation time are summarized in Table 1.

On the other hand, a statistically significant relationship was found ($r = 0.71$, $R^2 = 50\%$, $p < 0.001$) between the period of bone consolidation and days of discharge, as well as age and days of



discharge ($r = 0.36$, $R^2 = 13\%$, $p < 0.001$). However, no statistically significant relationships were found between pre-intervention glycemia scores and days to consolidation, nor discharge ($r = 0.07$, $p = 0.646$ and $r = 0.07$, $p = 0.648$, respectively).

Finally, ANCOVA of the percentage improvement in AOFAS test scores and diabetes status (i.e., diabetic vs. non-diabetic) showed statistically significant differences, both in the main effect of diabetes ($F_{[1,41]} = 9.41$, $p = 0.004$) and in the diabetes \times age interaction ($F_{[1,41]} = 9.17$, $p = 0.004$). Figure 5 details the relationship between the percentage change in AOFAS scores and age.

Discussion

The main objective of the present study was to describe and compare the bone consolidation time after osteotomy in diabetic vs. non-diabetic patients. The main finding of this study was that, regardless of the diabetic condition, the consolidation time was similar between both groups, showing no statistically significant differences and trivial effect size. The glycemia of the two groups was similar, being the group with diabetes a low-risk group, and for this reason we cannot determine the delay in consolidation as other studies have done (22).

On the other hand, a small but statistically significant relationship between patient age and discharge time was observed. Similarly, a statistically significant relationship was found between consolidation time and discharge days. Finally, it could be observed that as a function of diabetes status, the degree of functionality and age correlated in a statistically significant way in diabetic patients. The findings of this study provide evidence in favor of deformity correction the younger the patient and the better the metabolic control.

Nowadays, there are no specific classifications on the consolidation of osteotomies in intervened claw toes, what is described is the process of consolidation of bone fractures in general, based on scales already described for the formation of bone callus (36). In the absence of these classifications, Gerstenfeld et al. (24) carried out a review of histomorphometry methods in osteogenic processes in which they emphasized the need to study the bone repair process in detail to establish standardized criteria for evaluations that would serve to create a universal classification that would also detail observational tools for precise radiographic measurements (24).

Previous studies have shown that the evolution of fractures describes the existence of complications in the consolidation period related to smoking or age (37) although, loss of bone minerals or diabetes highly influence the process. The most recent evidence (18, 20, 22, 38) have pointed out that the bone tissue of diabetic patients presents loss of collagen (21), a high percentage of AGE advanced glycation products and a worse quality of trabecular bone which could compromise, in addition, its mechanical properties (20, 39). Our results showed that bone consolidation time was similar between diabetic and non-diabetic patients (see Table 1), achieving a solid and effective consolidation in both groups. Interestingly, these findings could suggest that correct glycemic control as well as good choice of surgical technique could favor the results of interventions in all types of patients, including those with type 2 DM.

Recently, foot minimally invasive surgery has gained popularity in DM patients (40, 41). The scarcity of scarring or tissue damage, the low number of complications (33, 42) as well as the absence of osteosynthesis reduce the number of infections while could favor the recovery time (13, 43). Several studies have pointed out that, given the existence of these techniques (i.e., minimally invasive), surgical interventions in



diabetic patients should not be extended to the threat of loss of parts or tissues, since they could be used preventively (13, 44). Postponing interventions, especially in patients who have presented ulcers or suffer from reulcerations, could increase the risk of non-union of osteotomies. For example, a study led by Tamir et al. (43) showed that 6 months after surgery some patients failed to unite, although this lack of bone callus formation was asymptomatic. In 2003, Armstrong and Frykberg (45), published a study mainly aimed to classify diabetic foot surgery performed in the absence of critical limb ischemia considering three variables: the presence or absence of neuropathy, ulceration, and/or acute infection with risk of limb loss. The objective was to classify surgery based on the increasing order of amputation from I to IV. Our proposal in

this study is related to class I or elective surgery, which includes those procedures performed to treat a painful deformity without loss of protective sensibility and class II, prophylactic surgery, formed by procedures performed to reduce the risk of ulceration (45).

The osteotomies performed for the correction of claw toes in patients operated in this study required weekly monitoring, not only for fluoroscopic assessment of the bony evolution, but also for the change of the post-surgical dressing. In this regard, percutaneous techniques require delicate management of the dressing. Previous studies have shown that the meticulousness of the dressing benefits the correct alignment of the fingers in the absence of osteosynthesis (33, 42). The compression of these bandages and their traction favor the

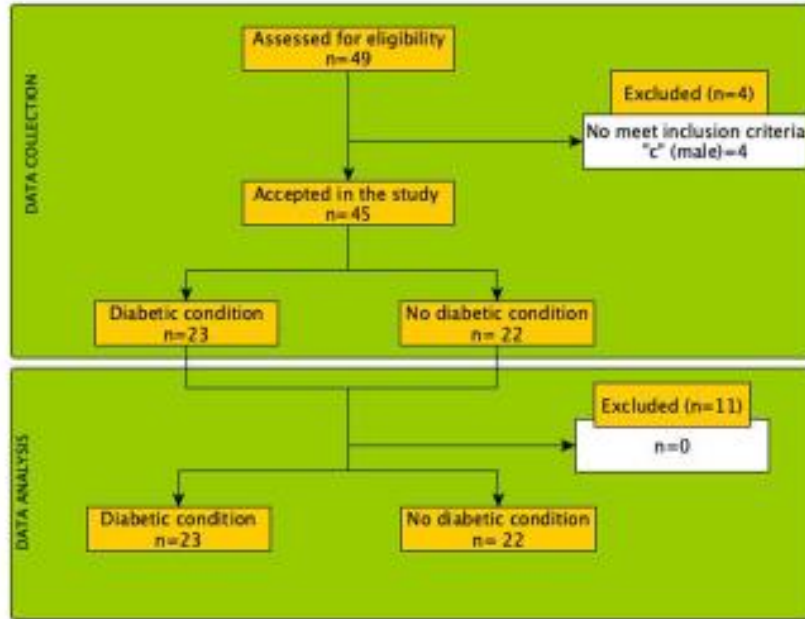


FIGURE 4
Flow diagram of the process of selection and analysis of the patients included in the present study.

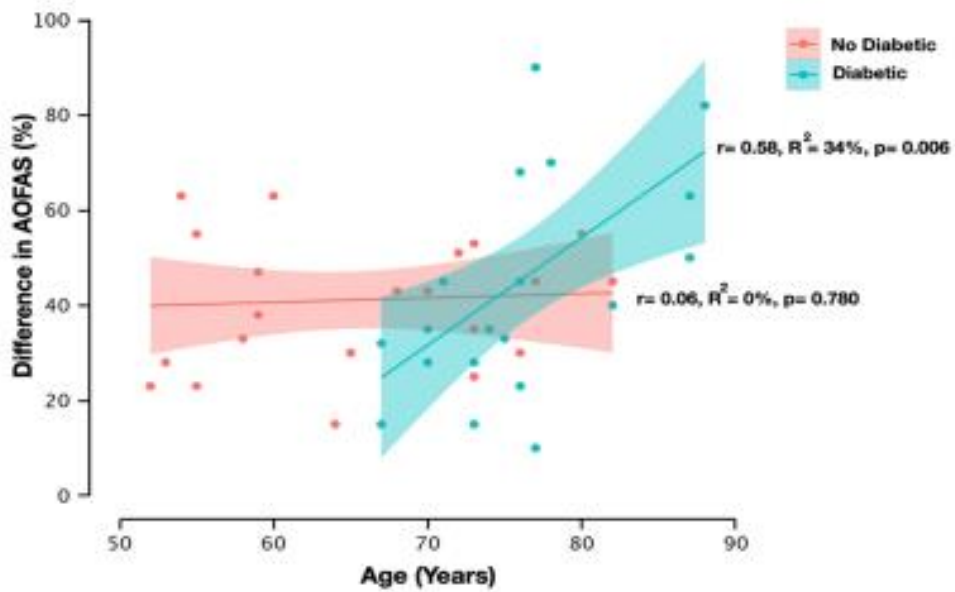


FIGURE 5
Relationship between American Orthopedic Foot and Ankle Surgery Society (AOFAS) test difference scores and age as a function of patients' condition (i.e., diabetic vs. non-diabetic). The red dots reflect the AOFAS test difference scores in the non-diabetic condition, while the green dots reflect the AOFAS test difference scores in the diabetic condition. The shaded portion around the regression line reflects the 95% confidential interval. r = Pearson's correlation coefficient, R^2 = coefficient of determination, p = p -value.

formation of bone and fibrous tissue based on Roux's Law, which relates bone remodeling to the adaptive process of cells influenced by local stresses in the area. This application, which avoids osteosynthesis, also avoids infections that are sometimes triggered by metal fixations (13) and the final consolidation time does not vary between their use or not; while in the present case no infections have developed and total consolidation without osteosynthesis has been 4 to 6 weeks, other findings point to the removal of kirschner wires at 4 to 5 weeks (46).

There are several limitations to this study that should be kept in mind when interpret the findings. First, although no differences were found regarding bone consolidation time between diabetics and non-diabetic patients, we only included a sample of females' patients. Further studies including both sexes are necessary. In addition, the sample was carefully biased so that all patients in the study had tightly controlled glucose levels, including those of diabetic patients, so that the conditions between the two groups were as similar as possible for assessing the influence of balanced pathology.

Conclusions

The bone healing time of claw toes operated by osteotomies using the minimal incision technique is almost similar between diabetic (controlled) and non-diabetic patients. In both type of patients, the length of discharge was statistically related to the days of consolidation: the faster the consolidation, the shorter the days of medical discharge. Finally, the degree of functionality after the operation correlated statistically significantly with age, only for DM patients.

Data availability statement

The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

References

1. GLOBAL REPORT ON DIABETES WHO Library Cataloguing-in-Publication Data Global report on diabetes. (2016) http://www.who.int/about/licensing/copyright_form/index.html (Accessed May 17, 2022).
2. IDF Diabetes Atlas 10th edition. www.diabetesatlas.org (Accessed May 17, 2022).
3. Sarwar N, Gao P, Kondrupally Seshasai SR, Gobin R, Kaptoge S, di Angelantonio E, et al. Diabetes mellitus, fasting blood glucose concentration, and risk of vascular disease: a collaborative meta-analysis of 102 prospective studies. *Lancet*. (2010) 375:2215–22. doi: 10.1016/S0140-6736(10)60484-9
4. Standl E, Khunti K, Hansen TB, Schnell O. The global epidemiology of diabetes in the 21st century: current situation and perspectives. *Eur J Prev Cardiol*. (2019) 26:7–14. doi: 10.1177/2047487319881021
5. Uysal S, Arda B, Taşbakan MI, Çetinkalp S, Şimşir İY, Öztürk AM, et al. Risk factors for amputation in patients with diabetic foot infection: a prospective study. *Int Wound J*. (2017) 14:1219–24. doi: 10.1111/iwj.12788
6. Şen P, Demirdal T, Emir B. Meta-analysis of risk factors for amputation in diabetic foot infections. *Diabetes Metab Res Rev*. (2019) 35. doi: 10.1002/DMRR.3165
7. Khan N, Sapsed S. Diabetes foot complication: assessing primary and secondary outcomes of multidisciplinary team versus standard care (a systematic review). *Int J Diabetes Dev Clin*. (2017) 37:129–36. doi: 10.1007/s13410-015-0422-0
8. Dewi F, Hincliffe RJ. Foot complications in patients with diabetes. *Surg (United Kingdom)*. (2020) 38:108–13. doi: 10.1016/j.ijmp.2019.12.002

Ethics statement

The studies involving human participants were reviewed and approved by UCV Ethics Committee (Ref.UCV/2029-2020/159). The patients/participants provided their written informed consent to participate in this study.

Author contributions

CBS, FMP, and MMB performed the surgeries JFT, and CB analyzed and interpreted the data. JFT and CB contributed to the study concept and design and participated in the figure designs. CBS collected and analyzed the data. CBS and JFT and CB contributed to the study concept, design, and interpretation of data. CBS, JFT, FMP, MMB and CB participated in the study design and statistical analysis and were major contributors in writing the manuscript. All authors read, discussed, and approved the final manuscript. The authors declare that this article represents an honest work. All authors contributed to the article and approved the submitted version.

Conflict of interest

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Publisher's note

All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.

9. Shiraz K, Kiesau CD, DeOrio JK, Parekh SG. Lesser toe deformities. *J Am Acad Orthop Surg.* (2011) 19:505–14. doi: 10.5435/00124635-201108000-00006
10. Ababneh A, Bakri FG, Khader Y, Lazzarini P, Ajlouni K. Prevalence and associates of foot deformities among patients with diabetes in Jordan. *Curr Diabetes Rev.* (2019) 16:471–82. doi: 10.2174/1573399815666191001101910
11. Chiu WK, Yang TF, Wang HJ, Chen C. Assessment of outcomes of a metatarsal bone osteotomy for chronic plantar ulcers: a preliminary study. *Ann Plast Surg.* (2020) 84:5112–5. doi: 10.1097/SAP.0000000000002174
12. Tamir E, Tamar M, Ayalon M, Koren S, Shebat N, Finestone AS. Effect of Mini-invasive floating metatarsal osteotomy on plantar pressure in patients with diabetic plantar metatarsal head ulcers. *Foot Ankle Int.* (2021) 42:536–43. doi: 10.1177/1071100720976999
13. Biz C, Ruggieri P. Minimally invasive surgery: osteotomies for diabetic foot disease. *Foot Ankle Clin.* (2020) 25:441–60. doi: 10.1016/j.fcl.2020.05.006
14. Yammine K, Nahed M, Assi C. Metatarsal osteotomies for treating neuropathic diabetic foot ulcers: a meta-analysis. *Foot Ankle Spec.* (2019) 12:555–62. doi: 10.1177/1938640018819784
15. Tamir E, Vigler M, Avisar E, Finestone AS. Percutaneous tenotomy for the treatment of diabetic toe ulcers. *Foot Ankle Int.* (2014) 35:38–43. doi: 10.1177/1071100713509604
16. Lazzarini PA, Jarl G, Gooday C, Viswanathan V, Caravaggi CF, Armstrong DG, et al. Effectiveness of offloading interventions to heal foot ulcers in persons with diabetes: a systematic review. *Diabetes Metab Res Rev.* (2020) 36. doi: 10.1002/dmrr.3275
17. Cunha JS, Ferreira VM, Maquigussa E, Naves MA, Boim MA. Effects of high glucose and high insulin concentrations on osteoblast function in vitro. *Cell Tissue Res.* (2014) 358:249–56. doi: 10.1007/S00441-014-1913-X
18. Sihota P, Yadav RN, Dhalwal R, Bose JC, Dhiman V, Neradi D, et al. Investigation of mechanical, material, and compositional determinants of human trabecular bone quality in type 2 diabetes. *J Clin Endocrinol Metab.* (2021) 106:e2271–e2289. doi: 10.1210/clinem/dgab027
19. Ho-Pham LT, Nguyen Tv. Association between trabecular bone score and type 2 diabetes: a quantitative update of evidence. *Osteoporos Int.* (2019) 30:2079–85. doi: 10.1007/S00198-019-05053-2
20. Giner M, Miranda C, Vázquez-Gómez MA, Altea-Manzano P, Miranda MJ, Casado-Díaz A, et al. Microstructural and strength changes in trabecular bone in elderly patients with type 2 diabetes Mellitus. *Diagnosic.* (2021) 11:577. doi: 10.3390/DIAGNOSTICS11030577
21. Schwartz Av. Impact of diabetes and its treatment on bone. *Clin Rev Bone Miner Metab.* (2009) 7:249–60. doi: 10.1007/s12018-009-9049-3
22. Murray CE, Coleman CM. Impact of diabetes Mellitus on bone health. *Int J Med Sci.* (2019) 20:4873. doi: 10.3390/IJMS20194873
23. Fleischli JG, Laughlin TJ, Lavery LA, Shah B, Lanctot D, Agrawal CM, et al. The effects of diabetes mellitus on the material properties of human metatarsal bones. *J Foot and Ankle Surg.* (1998) 37:195–8. doi: 10.1016/S1067-2516(98)80110-5
24. Gerstenfeld LC, Wronski TJ, Hollinger JO, Einhorn TA. Application of histomorphometric methods to the study of bone repair. *J Bone Miner Res.* (2005) 20:1715–22. doi: 10.1359/JBMR.050702
25. Jansen H, Jordan M, Frey S, Höbcher-Dobt S, Meffert B, Heintel T. Active controlled motion in early rehabilitation improves outcome after ankle fractures: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* (2018) 32:312–8. doi: 10.1177/0269215517724192
26. Rodrigues BT, Vangaveti VN, Urkude R, Biras E, Malabu UH. Prevalence and risk factors of lower limb amputations in patients with diabetic foot ulcers: a systematic review and meta-analysis. *Diabetes & Metab Syndr: Clin Res & Rev.* (2022) 16:102397. doi: 10.1016/j.DSX.2022.102397
27. Yammine K, Assi C. Surgical offloading techniques should be used more often and earlier in treating forefoot diabetic ulcers: an evidence-based review. *Int J Low Extrem Wounds.* (2020) 19:112–9. doi: 10.1177/15347346198888361
28. Ibrahim T, Beiri A, Azzabi M, Best AJ, Taylor GJ, Menon DK. Reliability and validity of the subjective component of the American orthopaedic foot and ankle society clinical rating scales. *J Foot and Ankle Surg.* (2007) 46:65–74. doi: 10.1053/j.jfas.2006.12.002
29. Kitaoka HB, Alexander JJ, Adelaar RS, Nurley JA, Myerson MS, Sanders M. Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. *Foot Ankle Int.* (1994) 15:349–53. doi: 10.1177/107110079401500701
30. Carlson AM. Assessment of chronic pain. I. Aspects of the reliability and validity of the visual analogue scale. *Pain.* (1983) 16:87–101. doi: 10.1016/0304-3959(83)90088-X
31. Piat C, Raboudi T, Cazeau C, Stiglitz Y. Postoperative hallux Varus treatment by reverse scarf osteotomy. *Foot Ankle Int.* (2021) 42. doi: 10.1177/10711007211001027
32. Goh GS, Tay AYW, Rikheaj IS, Koo K. Defining the patient acceptable symptom state for the American orthopaedic foot & ankle society score following hallux valgus surgery. *Foot Ankle Surg.* (2021) 27. doi: 10.1016/j.fas.2020.06.013
33. Nieto-García E, Ferrer-Torregrosa J, Ramírez-Andrés L, Nieto-González E, Martínez-Nova A, Barrios C. The impact of associated tenotomies on the outcome of incomplete phalangeal osteotomies for lesser toe deformities. *J Orthop Surg Res.* (2019) 14. doi: 10.1186/s13018-019-1353-0
34. Frey S, Hélix-Giordanino M, Piclet-Legré B. Percutaneous correction of second toe proximal deformity: proximal interphalangeal release, flexor digitorum brevis tenotomy and proximal phalanx osteotomy. *Orthop and Traumatol: Surg and Res.* (2015) 101:753–8. doi: 10.1016/j.otsr.2015.06.009
35. Cordier G, Nunes GA. Minimally invasive advances: lesser toes deformities. *Foot Ankle Clin.* (2020) 25:461–78. doi: 10.1016/j.fcl.2020.05.008
36. Calderón Garcidueñas J, Castillo Carranza MJ, Pavón Salas D, Mireles Díaz JA, González Gutiérrez R. Fracturas con retardo en la consolidación ósea o pseudoartrosis: tratamiento no invasivo con electroestimulación galvánica transcutánea. *Acta Ortop Méx.* (2001) 15:262–5.
37. Zak L, Arnold R, Tiefenboeck TM, Wozasek GE. The influence of advanced age in bone healing after intramedullary limb lengthening. *Orthop and Traumatol: Surg and Res.* (2021) 107. doi: 10.1016/j.otsr.2021.103055
38. Leikkala S, Taylor EA, Hunt HB, Donnelly E. Effects of diabetes on bone material properties. *Curr Osteoporos Rep.* (2019) 17:455–64. doi: 10.1007/S11914-019-00538-6
39. Sarnelson EJ, Demissie S, Cupples LA, Zhang X, Xu H, Liu CT, et al. Diabetes and deficits in cortical bone density, microarchitecture, and bone size: framingham HR-pQCT study. *J Bone Miner Res.* (2018) 33:54–62. doi: 10.1002/jbmr.3240
40. Biz C, Gastaldo S, Dalmau-Pastor M, Corradin M, Volpin A, Ruggieri P. Minimally invasive distal metatarsal diaphyseal osteotomy (DMDO) for chronic plantar diabetic foot ulcers. *Foot Ankle Int.* (2018) 39:83–92. doi: 10.1177/1071100717735640
41. Melhhoen AT, Harrasser N, Walther M. Treatment of plantar, neuropathic and metatarsal ulcers by minimally invasive metatarsal osteotomy. *Orthopade.* (2020) 49:625–31. doi: 10.1007/s00132-019-03848-w
42. Naranjo-Ruiz C, Martínez-Nova A, Canel-Pérez M de los Á, López-Vigil M, Ferrer-Torregrosa J, Barrios C. Influence of foot type on the clinical outcome of minimally invasive surgery for metatarsalgia. A prospective pilot study. *Frost Surg.* (2021) 8:1–9. doi: 10.3389/fsurg.2021.748330
43. Tamir E, Finestone AS, Avisar E, Agar G. Mini-Invasive floating metatarsal osteotomy for resistant or recurrent neuropathic plantar metatarsal head ulcers. *J Orthop Surg Res.* (2016) 11. doi: 10.1186/s13018-016-0414-x
44. Ahluwalia B, Maffulli N, Lázaro-Martínez JL, Kirketerp-Møller K, Reichert I. Diabetic foot off loading and ulcer remission: exploring surgical off-loading. *Surgpost.* (2021) 19(6):526–35. doi: 10.1016/j.surge.2021.01.005
45. Armstrong DG, Frykberg RG. Classifying diabetic foot surgery: toward a national definition. *Diabetic Med.* (2003) 20:329–31. doi: 10.1046/j.1464-5491.2003.00933.x
46. Palmanovich E, Ohana N, Slevin O, Tamir E, Ilan S, Segal D, et al. Proximal devolution phalangeal osteotomy for medial first toe diabetic ulcer. *Indian J Orthop.* (2021) 55:97. doi: 10.1007/s43465-020-00193-5