



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE MEDICINA**  
**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE**  
**POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

**HOSPITAL GENERAL REGIONAL N2**  
**“GUILLERMO FAJARDO ORTIZ”**

**RELACIÓN ENTRE LAS FRACTURAS DE ASTRÁGALO**  
**TIPO HAWKINS II Y LOS CAMBIOS HEMODINÁMICOS**  
**ARTERIALES PRE Y POSTQUIRÚRGICOS**  
**CONDICIONANTES DE NECROSIS AVASCULAR DE**  
**ASTRÁGALO EN PACIENTES DEL HOSPITAL GENERAL**  
**REGIONAL #2 “GUILLERMO FAJARDO ORTIZ”**

## **TESIS**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN

ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA:

PRESENTA:

**VICENTE OLACHEA INFANTE**

Facultad de Medicina



TUTOR DIRECTO DE TESIS

ELISA MARTINEZ CORIA

ASESOR METODOLÓGICO

CITLALLI VALADEZ MAYORGA

CIUDAD DE MÉXICO A 12 DE SEPTIEMBRE DEL 2022



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## HOJA DE FIRMAS

RELACIÓN ENTRE LAS FRACTURAS DE ASTRÁGALO TIPO HAWKINS II Y LOS CAMBIOS HEMODINÁMICOS ARTERIALES PRE Y POSTQUIRÚRGICOS CONDICIONANTES DE NECROSIS AVASCULAR DE ASTRÁGALO EN PACIENTES DEL HOSPITAL GENERAL REGIONAL #2 "GUILLERMO FAJARDO ORTIZ"

---

Dra. María de la Luz Pérez Ponce  
Director médico

Hospital General Regional No. 2 "Dr. Guillermo Fajardo Ortiz"

---

Dr. José Vicente Garrido Soto

Coordinación Clínica de Educación e Investigación en Salud  
Hospital General Regional No. 2 "Dr. Guillermo Fajardo Ortiz"

---

Dra. Elisa Martínez Coria

Médico Radiólogo / Asesor Clínico

Hospital General Regional No. 2 "Dr. Guillermo Fajardo Ortiz"

Dedicatoria a Dios por brindarme la fuerza necesaria para luchar día a día por mis anhelos y metas.  
A mi familia por la educación, confianza, amor y apoyo incondicional brindado hasta el día de hoy.

## Agradecimientos

- A la doctora Elisa Martínez por su dedicación, constancia y apoyo total en este proyecto.
- A la licenciada María Magdalena Reyes por su colaboración y apoyo desinteresado.
- A todos mis maestros en esta residencia por su disposición, confianza y ganas de enseñar.
- A mis compañeros quienes me obligan a ser mejor persona cada día.
- A mi familia quienes a pesar de la distancia están al pendiente de mí.
- A mi pareja de vida la cual me ha apoyado en todo momento.

# ÍNDICE GENERAL

I.- TITULO .....	1
ii. HOJA DE FIRMAS .....	2
iii.- DEDICATORIA .....	3
iv.- AGRADECIMIENTOS.....	4
II.- RESUMEN.....	6
1.- MARCO TEÓRICO.....	7
1.0.- INTRODUCCIÓN.....	7
1.1.- EPIDEMIOLOGÍA.....	8
1.2.- ANATOMÍA DE ASTRÁGALO.....	9
1.3.- MORFOLOGÍA DE ASTRÁGALO.....	10
1.4- IRRIGACIÓN DE ASTRÁGALO .....	13
1.5.- MARCHA NORMAL .....	16
1.6.- BIOMECÁNICA DE ASTRÁGALO. ....	18
1.7.- EVALUACIÓN POR IMÁGENES .....	22
1.8.- CLASIFICACIÓN DE LAS FRACTURAS DE ASTRÁGALO.....	30
1.9.- TRATAMIENTO QUIRÚRGICO.....	37
1.10.- COMPLICACIONES .....	41
2.- JUSTIFICACIÓN.....	47
3.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	48
4.- PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	49
5.- OBJETIVOS.....	50
5.1- OBJETIVO GENERAL .....	50
5.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	50
6.- HIPÓTESIS .....	51
7.- MATERIAL Y MÉTODOS .....	52
7.1.- TIPO DE ESTUDIO.....	52
7.2.- CÁLCULO DE MUESTRA.....	53
7.3.- OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	54
7.4.- METODOLOGÍA .....	60
8.- ASPECTOS ÉTICOS .....	64
9.- RESULTADOS .....	66
10.- DISCUSIÓN .....	90
11.- CONCLUSIONES .....	93
12.- REFERENCIAS .....	95
13.- ANEXOS. ....	99

## Resumen

Las fracturas de astrágalo representan el 0.1% de todas las fracturas. Las fracturas tipo Hawkins II tienen un riesgo de necrosis avascular en un 40%. El ultrasonido Doppler es una técnica de alta disponibilidad con la cual se puede estimar la severidad de la obstrucción con sensibilidad y especificidad elevada valorando la velocidad pico sistólica. Objetivo general: Relacionar de las fracturas de astrágalo tipo Hawkins II y los cambios hemodinámicos arteriales mediante ultrasonido doppler como condicionante de necrosis avascular en pacientes del Hospital General Regional N 2 Guillermo Fajardo Ortiz. Métodos: se estudiaron 21 pacientes de 16 a 73 años con fractura de astrágalo, a quienes se le realizó ultrasonido Doppler prequirúrgico y postquirúrgico a los 3 meses, relacionándolo junto con el tratamiento, la progresión a necrosis avascular del astrágalo. Resultados: Las variables tipo de abordaje y necrosis de astrágalo de los 4 pacientes en los que se realizó abordaje abierto doble 3 de ellos sufrieron necrosis avascular del astrágalo a los 3 meses. Se encontró que existe una relación estadísticamente significativa entre las alteraciones hemodinámicas arteriales de la arteria tibial anterior, tibial posterior y dorsal pedis por doppler prequirúrgico y postquirúrgico y la progresión a necrosis avascular del astrágalo.

Conclusiones: Se encontró una relación estadísticamente significativa entre el tipo de tratamiento y abordaje quirúrgico con la progresión a necrosis avascular del astrágalo así como las alteraciones hemodinámicas arteriales de la arteria tibial anterior, tibial posterior y dorsal pedis y la progresión a necrosis avascular del astrágalo.

# 1. Marco Teórico

## 1. 0 Introducción

Las fracturas del astrágalo se incluyen entre las lesiones más graves del tobillo por la dificultad de su tratamiento y las importantes secuelas que pueden originar. Son lesiones poco frecuentes, ya que el astrágalo se encuentra muy bien protegido por la mortaja ósea y ligamentosa que lo mantiene en su posición anatómica. Son secundarias a traumatismos de alta energía, generalmente accidentes de tráfico y precipitaciones desde una altura, aunque pueden ser de moderada o baja energía, como en deportes (con más incidencia de fracturas del cuerpo y de la apófisis, de ahí que se presenten preferentemente en adultos jóvenes). Actualmente se están incrementado las fracturas debidas al snowboarding, donde se utilizan botas blandas o no lo suficientemente rígidas para prevenir las lesiones del tobillo. [1,18]



## **1.1 Epidemiología**

Entre las fracturas del tarso, las del astrágalo son las segundas en frecuencia a nivel mundial. Su incidencia oscila entre el 0,1% y el 0,85% de todas las fracturas y entre el 5% y el 7% de las lesiones del pie. De un 14% a un 26% de las fracturas del cuello del astrágalo se asocian a una fractura del maléolo medial. Las fracturas de la apófisis lateral del astrágalo constituyen el 2,3% de las lesiones de snowboard y el 15% de todas las lesiones del tobillo. Las fracturas de la cabeza del astrágalo son raras, con una incidencia del 3% al 5% de todas las fracturas del astrágalo. <sup>[1,23]</sup>

Se realizó un estudio retrospectivo observacional durante un año en el hospital general de León Guanajuato en donde por fracturas óseas que requirieron tratamiento quirúrgico del primero de marzo de 2016 al 28 de febrero de 2017 en donde se encontraron 1,127 fracturas de las cuales 2.39% (27) fueron fracturas con una relación de género de 2.8:1 a favor del masculino, con 74% (n = 20), con discreta preponderancia del lado izquierdo. La mayor frecuencia ocurrió entre los 20 y 29 años (n = 10) 37%, en los meses de junio, agosto y diciembre. Su distribución fue de astrágalo, 14.8% (n = 4); calcáneo, 18.5% (n = 5); metatarsianos, 59.2% (n = 16), y falanges, 7.4% (n = 2). Las fracturas expuestas se presentaron en 37% (n = 10). <sup>[23]</sup>

## **1.2 Anatomía de Astrágalo**

La anatomía del astrágalo ha sido estudiada extensamente, su osificación se origina de un solo centro primario, el cual induce la elongación en una dirección anteroposterior.

La estructura del astrágalo, consiste en cuerpo, cuello y cabeza se articula con el calcáneo inferiormente, la tibia y el peroné supra lateralmente (proximal) y el hueso navicular distalmente.

El cuerpo del astrágalo tiene una forma única, siendo más ancho anterior que posterior. También posee dos procesos óseos: un proceso lateral y un proceso posterior. El proceso posterior se divide en tubérculo medial y lateral con un surco para el tendón flexor hallucis longus. En aproximadamente el 50% de la población general, un Os Trigonum (hueso accesorio) está presente sobre el tubérculo lateral. La superficie articular del astrágalo se extiende para articularse con la tibia y el peroné, ya sea la superficie inferior se articula con la faceta posterior del calcáneo, formando una porción de la articulación subtalar.

El cuello del astrágalo se estrecha superior, inferior y lateralmente. Además, el cuello astragalino tiene tanta escasez de cartílago y una apariencia rugosa debido a sus múltiples inserciones ligamentosas.

La cabeza del astrágalo es una estructura convexa con numerosas articulaciones. Su superficie cartilaginosa anterior se articula con el hueso navicular ya sea que su superficie inferomedial se articule con las facetas anteriores y medias del calcáneo, el ligamento Spring y el ligamento deltoideo. [2]

### **1.3 Morfología del Astrágalo**

El astrágalo presenta tres porciones: el cuerpo (tróclea), el cuello y la cabeza. Algunas características anatómicas de la tróclea explican la fisiología articular, que es la consecuencia de una morfología y de una organización biométrica de las superficies. Interpuesta entre la tibia y el calcáneo, es la pieza clave de regulación de la estabilidad del tobillo. Durante la marcha, se comporta como la clave de bóveda de la pinza tibioperonea y neutraliza las fuerzas de cizalladura. Este mecanismo está condicionado por el aspecto de las superficies articulares y la orientación sagital de la superficie articular del techo de la pinza.

El cuerpo tiene un eje transversal con una desviación angular de  $120^\circ$  y una superficie cilíndrica con un radio de curvatura variable. Su superficie presenta una depresión anteroposterior de escasa profundidad y dos bordes (o rampas): uno medial y otro lateral. La polea del astrágalo se prolonga lateralmente por una carilla articular triangular para el maléolo lateral que se apoya en el proceso lateral del astrágalo (ring), un punto de referencia fundamental para la evaluación del centrado astragalino. La carilla articular medial, en forma de coma anteroposterior, se articula con el maléolo tibial. La superficie plantar está en relación con el calcáneo (parte articular talámica), que se presenta como un factor de estabilización rotatoria.

El cuerpo del astrágalo tiene un eje transversal con una superficie cilíndrica de un radio de 27 mm en promedio. El diámetro transversal disminuye de delante hacia atrás, como el de la pinza tibioperonea. La superficie presenta una depresión anteroposterior de escasa profundidad y dos bordes (o rampas astragalinas): uno medial y otro lateral. La polea se continúa con las dos carillas colaterales del astrágalo, de las cuales la lateral está más desarrollada que la medial.

La anchura del astrágalo en el varón es de 30,70 mm (mínimo 27,6; máximo 33,5), y en la mujer, de 25,90 (mínimo 24,3; máximo 28,5). Cada parte del astrágalo desempeña una acción primordial en el aspecto mecánico. En el plano horizontal, el diámetro transversal de la tróclea (de forma trapezoidal), que disminuye de delante hacia atrás como el de la pinza tibioperonea, determina un encaje en cuña que constituye un factor de estabilidad durante la propulsión. La angulación de las superficies articulares medial y lateral de 16-19°, indica una incongruencia en el transcurso de la flexión plantar y una laxitud neutralizada en la fase de propulsión, debido a su retroceso, que se encaja en la pinza tibioperonea según la función de sujeción elástica adoptada por los ligamentos de la articulación tibioperonea distal. Durante el ataque del talón, la proyección excesiva del astrágalo hacia delante por ruptura del ligamento peroneoastragalino anterior agrava la inestabilidad. <sup>[3]</sup>

Se describen tres tipos de astrágalo. En el tipo I, el radio de curvatura es de 18,9 mm en la parte medial y de 22,3 mm en la lateral. En el tipo II, el radio de curvatura medial es de 22 mm, y el lateral, de 22 mm. En el tipo 3, el radio de curvatura medial es de 16 mm, y el lateral, de 21 mm.

Se describen tres modelos morfológicos: un cono truncado asimétrico de vértice medial, un cono truncado, asimétrico de vértice lateral y un cono estrictamente cilíndrico <sup>[4]</sup>.

El promedio de la medición de 100 astrágalos es de 48 mm de longitud y 37 mm de ancho. La diferencia de anchura entre el borde anterior y el borde posterior de la tróclea astragalina es de 4,7

mm. El ángulo de inclinación del cuello es de 108° de promedio. El ángulo de declinación es de 24,4° de promedio. El ángulo de rotación es de 40° de promedio. <sup>[3]</sup>

## **1.4 Irrigación del Astrágalo**

### **Arterias Extra óseas**

**Ramas de la Arteria Tibial Posterior:** Las primeras arterias del astrágalo provenientes de la arteria tibial posterior son de las ramas calcáneas. Estas pequeñas arterias forman una red sobre el tubérculo posterior con las ramas de la arteria peronea.

La arteria del canal del tarso usualmente aparece de la arteria tibial posterior cerca de un centímetro proximal al origen de las arterias plantar medial y lateral. Pasa anteriormente entre las vainas del tendón flexor digitorum longus y el flexor hallucis longus para entrar al canal del tarso. La arteria yace en la mitad dorsal del canal, más cerca del astrágalo que del calcáneo.

Las ramas dentro del cuerpo son dadas por el canal y las más grandes de estas entran cerca de la mitad del cuerpo. Unas cuantas ramas pequeñas pasan dentro del calcáneo. La arteria del canal del tarso se anastomosa con la arteria del seno del tarso en el canal del tarso.

Cerca de 5 milímetros del origen de la arteria del canal del tarso una rama es dada en la superficie medial del cuerpo del astrágalo. Este vaso corre entre las porciones talo tibial y talo calcáneo del ligamento deltoideo. La arteria que irriga la superficie perióstica medial del cuerpo se anastomosa con la arteria pedia dorsal o ramas de la arteria tibial anterior sobre el cuello del astrágalo.

**Arteria Tibial Anterior.** La arteria tibial anterior o arteria pedia dorsal manda ramas a la superficie superior del cuello del astrágalo ya sea directo a la arteria tarsal medial o a las ramas anteriores del maléolo medial. La arteria tibial anterior se convierte en la arteria pedia dorsal a nivel de la articulación del tobillo y las ramas hacia el astrágalo puede elevarse a la línea articular o justo por encima.

El área del seno del tarso es irrigado principalmente por la arteria pedia dorsal con una pequeña contribución de la rama maleolar anterior lateral de la arteria tibial anterior y de la arteria peronea perforante. La arteria del seno del tarso usualmente es más grande que la arteria del canal del tarso. La arteria del seno del tarso usualmente comienza de un ciclo anastomótico entre la rama tarsal lateral de la arteria pedia dorsal y de la arteria peronea perforante. La arteria del seno del tarso usualmente es más grande que la arteria del canal del tarso, regularmente comienza de un ciclo anastomótico entre la rama tarsal lateral, de la arteria pedia dorsal y de la arteria peronea perforante y usualmente de algunas ramas a la cabeza del astrágalo entrando en el canal del tarso en donde después de dar algunas ramas al cuerpo se anastomosan con la arteria del canal de tarso.

**Arteria Peronea.** Las pequeñas ramas de la arteria peronea se unen con las ramas calcáneas de la arteria tibial posterior para formar un plexo sobre el tubérculo posterior

del astrágalo. La arteria peronea perforante contribuye con el plexo en el seno del tarso.

### **Patrón Arterial Intraóseo**

**Cabeza:** La cabeza del astrágalo es irrigada de dos orígenes: ramas de la arteria tibial anterior o arteria pedia dorsal irriga la mitad superior medial y la mitad lateral e inferior de la cabeza es irrigada directamente de la arteria del seno del tarso, de las ramas de la anastomosis del seno del tarso o de ramas directas de la arteria tarsal lateral.

**Cuerpo:** El cuerpo del astrágalo mayormente es irrigado por la arteria anastomótica en el canal del tarso. Esta arteria usualmente da cuatro o cinco ramas principales dentro del cuerpo las cuales forman arcos curvándose de posterior a lateral. Estos vasos aportan en casi toda el área de la parte superior del cuello. Irriga todo el tercio lateral excepto el aspecto lateral de la faceta posterior. Segundo en importancia es la rama de la arteria deltoidea, la cual entra al cuerpo en su superficie perióstica medial e irriga un cuarto o tercio medial del cuerpo.

Las arterias de la red anastomótica en el seno del tarso entran en la superficie anterior y lateral del cuerpo irrigan su aspecto inferior lateral incluyendo la mayor parte de la faceta posterior. <sup>[5]</sup>



## **1.5 Marcha Normal**

La locomoción humana normal se ha descrito como una serie de movimientos alternantes, rítmicos, de las extremidades y del tronco que determinan un desplazamiento hacia delante del centro de gravedad.

El ciclo de la marcha comienza cuando el pie contacta con el suelo y termina con el siguiente contacto con el suelo del mismo pie. Los dos mayores componentes del ciclo de la marcha son: la fase de apoyo y la fase de balanceo. Hay cinco momentos que son útiles al subdividir la fase de apoyo: Contacto del talón, apoyo plantar, apoyo medio, elevación del talón y despegue del pie.

La fase de balanceo puede dividirse en tres intervalos designados con los términos de aceleración, balanceo medio y deceleración. Cada una de estas subdivisiones constituyen aproximadamente un tercio de la fase de balanceo.

## **Análisis Cinemático del tobillo durante la marcha:**

En el momento del contacto del talón: El juego del tobillo está en posición neutra, a medio camino entre la dorsiflexión y la flexión plantar. Simultáneamente con el contacto del talón: La articulación del tobillo empieza a moverse en dirección a la flexión plantar. En el tiempo en que la planta del pie está en contacto con el suelo: La articulación del tobillo va de la posición neutral a los 15 grados de flexión plantar. Cuando la planta del pie está plana en el suelo: La tibia y otros segmentos de la pierna que apoya empieza a rotar hacia adelante sobre el pie fijo. En la fase media: La articulación del tobillo está en 5 grados aproximadamente de dorsiflexión. Contacto del talón: Por un breve período de tiempo la resultante de las fuerzas de reacción del suelo está por delante de la articulación del tobillo. De acuerdo con ello, un momento de fuerza de pequeña magnitud (1 Kg.) tiende a mover la articulación del tobillo en dirección a la dorsiflexión. Esta tendencia que no mueve la articulación del tobillo, se produce por descenso del talón al suelo en el momento de apoyo del talón. Inmediatamente después del contacto del talón: A medida que se transmite un mayor peso del cuerpo a la extremidad, el rápido aumento de la fuerza vertical hace que la resultante pase por detrás de la articulación, generando un momento de fuerza en dirección a la flexión plantar. Poco después de que la planta del pie esté plana en el suelo: Se ha alcanzado el máximo momento de flexión plantar. Después la reacción resultante del suelo se mueve de nuevo hacia delante de la articulación del tobillo y crea un momento de fuerza en la dirección de dorsiflexión. Este momento corresponde a la fuerza generada al rotar la tibia sobre el pie fijo. <sup>[6]</sup>

## **1.6 Biomecánica del Astrágalo**

El astrágalo desempeña un papel fundamental en la biomecánica de la extremidad inferior, tanto desde el punto de vista cinético, transmitiendo la carga de la tibia al pie, como desde el punto de vista cinemático, ya que participa tanto en la movilidad del tobillo, como en la de la subastragalina y la de Chopart.

El astrágalo es el responsable de distribuir las fuerzas que, procedentes de la tibia, se reparten en el interior del pie.

En posición bipodal el peso del cuerpo es transmitido de la pelvis al suelo a través de las extremidades inferiores. Cada pie soporta, por tanto, la mitad del peso del cuerpo.

Al llegar al pie el primer hueso que encuentran las fuerzas es el astrágalo, cuya principal misión cinética es distribuir las fuerzas hacia los diferentes puntos de apoyo. Cuando se analizan las fuerzas en el plano sagital. Se ha podido comprobar por análisis baropodométrico que el 60% de las fuerzas se dirigen al calcáneo y el 40% al antepié. Esta proporción varía considerablemente al levantar el talón del suelo, momento en que aumenta la carga que recibe el antepié. Analizando las fuerzas en el plano transversal se observa que también el astrágalo desempeña el papel de distribuidor de cargas. Hacia atrás, transmite la mayor parte de la carga, que llega al suelo a través de la tuberosidad del calcáneo. Hacia delante, una parte de la fuerza se transmite, a través de la cabeza del astrágalo, a las cuñas y a los 3 primeros metatarsianos, es decir, al llamado «pie dinámico». <sup>[8]</sup>

Radiográficamente se diferencian cinco sistemas trabeculares en el astrágalo:

1.- Sistema de proyección postero inferior: está formado por una serie de trabéculas que partiendo de la tróclea astragalina se dirigen hacia abajo y hacia atrás para llegar a la carilla articular posterior de la articulación astrágalo calcánea. El conjunto hace que las cargas procedentes de la tibia lleguen al suelo a través de las partes blandas del talón.

2.- Sistema de proyección anterior o Tibioescafoideo: Las trabéculas parten de la tróclea astragalina y se dirigen hacia abajo y hacia delante hasta terminar en la carilla articular del escafoides.

3.- Sistema maléolo-astrágalo-calcáneo: Se encuentra formado por un conjunto de haces trabeculares que de forma divergente proceden de ambas caras laterales y terminan en la parte anterointerna de la articulación subastragalina.

4.- Sistema de cohesión interna: Estas trabéculas forman el techo del surco astragalino, constituyendo un refuerzo para el cuerpo del astrágalo.

5.- Sistema marginal posterior del astrágalo: está constituido por unas trabéculas que parten de un engrosamiento de la cortical en el extremo posterior de la tróclea astragalina y dirigiéndose hacia atrás terminan en el borde posterior de la carilla articular posterior del astrágalo.

El astrágalo por su situación en el interior del pie participa en los movimientos del tobillo, de las articulaciones subastragalina y de Chopart. Articulación del tobillo a través de éste se realizan los movimientos de flexoextensión del pie.

La articulación del tobillo realiza los movimientos de flexoextensión del pie presentados dos características importantes:

- 1) Es una articulación muy concordante ya que la tróclea astragalina, en forma de segmento de cilindro de unos  $105^\circ$ , se articula con la mortaja tibioperonea, también en forma de semicilindro de unos  $65^\circ$ , con la que encaja perfectamente. Ello explica que las artrosis de esta articulación sean tan poco frecuentes en condiciones normales y en cambio, en los casos de fracturas de la región en las que se pierde la congruencia articular, aparece muy precozmente la artrosis.
- 2) La segunda característica consiste en que la tróclea astragalina es ligeramente más ancha por delante que por detrás, de tal modo que los ejes laterales de la tróclea forman un ángulo hacia delante de unos  $5^\circ$ . Ello obliga a que, al realizar la flexión dorsal del pie, para que la mortaja tibio-peronea pueda dar cabida a la porción anterior más ancha de la tróclea, el maleolo peroneo se ve obligado a realizar un ligero movimiento de rotación externa, separación y báscula lateral de hasta unos 2 mm. El control de este movimiento, para que la abertura de la mortaja no sea excesiva, corre a cargo de los ligamentos interóseos, la membrana intertibioperonea y el tono de los músculos profundos de la cara posterior de la pierna.

## Articulación Subastragalina y de Chopart

Se estudian en el mismo apartado porque su acción se ejerce de forma conjunta. Los movimientos de ellas se realizan alrededor del eje de Henke que, penetrando por la cara supero-interna del cuello del astrágalo, pasa a través del seno del tarso y sale por la parte posteroexterna del calcáneo. A nivel de la subastragalina tienen lugar movimientos de Flexión-Extensión, Abducción-Aducción y Pronación-Supinación. Hay que resaltar que estos movimientos no pueden realizarse de forma aislada sino que siempre se realizan conjuntamente dando lugar a los movimientos de inversión y eversión del pie. Podemos decir que la eversión está constituida por: flexión dorsal, abducción, pronación y listesis posterior del astrágalo. La inversión por flexión plantar, supinación, aducción y listesis anterior.

Con el pie en carga, el astrágalo se mueve por encima del calcáneo y a través de la pinza maleolar transmite el movimiento a la tibia. En el pie en descarga es el calcáneo el que se mueve por debajo del astrágalo y con él, el resto de los huesos del pie. La importancia mecánica de este movimiento de listesis consiste en que en flexión dorsal el astrágalo se desliza hacia atrás transmitiendo la carga hacia la tuberosidad mayor del calcáneo y, en flexión plantar, se desliza hacia delante transmitiendo la carga hacia el antepié. <sup>[7]</sup>

## **1.7 Evaluación por imágenes**

La radiografía simple usualmente es el primer examen realizado para evaluar la sospecha de una fractura de astrágalo. Un abordaje radiográfico generalmente se realiza con tres proyecciones estándar, anteroposterior (AP), proyección lateral-lateral del tobillo y el llamado proyección en mortaja (AP con 30° de rotación interna del pie). La proyección en mortaja permite una mejor visualización de los aspectos laterales del astrágalo sin superposición del maléolo peroneo. Radiografías AP, oblicua, y lateral del pie también son realizadas frecuentemente. La Proyección de Canale y Kelley proporciona una imagen óptima del cuello del astrágalo. Se obtiene con el tobillo en equino máximo y con el pie apoyado sobre el chasis, con 15° de pronación. El haz de rayos X se dirige desde arriba formando un ángulo de 15° con la vertical. Esta proyección se describió para estudiar la deformidad postraumática y es difícil de conseguir en la lesión aguda debido a que existe una sobreposición de las estructuras del pie y del tobillo, la radiografía tiene una baja sensibilidad y especificidad para las fracturas del astrágalo. <sup>[12,13]</sup>

## 1. Mediciones Radiográficas

<p>Ángulo de oblicuidad tibioastragalina</p>	<p>El procedimiento para determinar el ángulo de oblicuidad del tobillo consiste en trazar el eje diafisario de la tibia; en seguida se traza una línea que prolongue el plano de la superficie articular de la misma. La intersección forma así el ángulo de oblicuidad, valor promedio 93.3°.</p>
<p>Ángulo de divergencia astragalocalcánea</p>	<p>El eje del astrágalo va desde la mitad del borde posterior hasta la mitad del borde anterior del mismo hueso. El eje del calcáneo se extiende desde el punto medio de la superficie anterior de la apófisis mayor hasta la mitad de la tuberosidad posterior. Estos dos ejes forman el ángulo de divergencia astragalocalcánea, que mide de 15 a 25°. Por lo general, la línea mediotalar y el eje diafisario del segundo metatarsiano forman un ángulo de 5 a 10°.</p>
<p>Eje anatómico del pie</p>	<p>Es el eje anteroposterior del pie y se extiende desde el centro de la cabeza del segundo metatarsiano hasta el centro de la tuberosidad posterior del calcáneo. El eje mecánico y el cinético del pie generalmente coinciden con el eje diafisario del primer metatarsiano. La línea transversa</p>



	<p>cuboidonavicular se extiende desde el extremo lateral de la articulación calcaneocuboidea al extremo medial astragaloscafoideo. El eje anteroposterior del pie generalmente divide esta línea en dos segmentos sensiblemente iguales. La desigualdad de los segmentos equivale a un pie supinado o pronado</p>
<p>Ángulo de inclinación del astrágalo</p>	<p>Está formado por la intersección del eje longitudinal del astrágalo con el plano horizontal. Su valor normal es de 25°.</p>
<p>Ángulo de divergencia astragalocalcánea</p>	<p>Está formado por la intersección de los respectivos ejes longitudinales del astrágalo y del calcáneo; su valor es de 20 a 30°.</p>

<p>Ángulo de convergencia astragalocalcánea</p>	<p>Está formado por sendas líneas que son tangentes a los márgenes inferiores del astrágalo y del calcáneo, respectivamente; su valor normal es de 25 a 35°.</p>
---	--

<p>Ángulo tibio astragalino</p>	<p>Está formado por la intersección del eje diafisario de la tibia con el eje longitudinal del astrágalo; su valor normal es de 90 a 105°. La medición de este ángulo debe hacerse con el tobillo en posición neutra, es decir, a 90°.</p>
---------------------------------	--

<p>Ángulo de inclinación talámica</p>	<p>Es útil para determinar el grado de hundimiento y desalojamiento de las fracturas talámicas del calcáneo. Está formado por la intersección de una línea que va desde el punto más posterior de la articulación astragalocalcánea, pasando por el borde posterior del tálamo, con otra línea que va desde el punto más inferior del calcáneo hasta el punto más inferior de la articulación calcaneocuboidea.</p>
<p>Ángulo de inclinación de la articulación tibioastragalina</p>	<p>Este ángulo se obtiene en la radiografía anteroposterior del pie con apoyo. Está formado por la intersección de una línea tangencial al borde articular de la tróclea astragalina con una línea paralela a la horizontal. El ángulo mide 5° y es de seno medial, es decir, está valgo; se trata de un valgo fisiológico del retropié. <sup>[8]</sup></p>

## **2. Tomografía Computada**

El papel principal de la tomografía computada (TC) es la evaluación de fracturas complejas<sup>[9]</sup>. Se recomienda realizar la tomografía computada en la evaluación de las fracturas del proceso lateral del astrágalo, ya que es útil definiendo el tamaño exacto, localización, desplazamiento y conminución del proceso fracturado. La tomografía computada también permite una adecuada visualización de la articulación subastragalina. El tratamiento puede ser modificado debido a los hallazgos tomográficos, uno debe escoger el abordaje quirúrgico que permita una exposición óptima de la fractura junto con su reducción y fijación.<sup>[11]</sup> Sneppen propuso la clasificación ahora más usada para las fracturas del cuerpo del astrágalo. Tipo A: Compresión o fracturas osteocondrales del Domo. Tipo B: Fracturas en el plano coronal. Tipo C: Fracturas en el plano Sagital. Tipo D: fracturas del tubérculo posterior. Tipo E: fracturas del tubérculo lateral. Tipo F: Fracturas conminuta por aplastamiento.  
[12,13]

Debido a la poca diferenciación entre las fracturas de cuello y del cuerpo del astrágalo Inokuchi propuso la clasificación basada en la localización de la línea fracturaria inferior. Si la línea de la fractura es anterior o inferior al procesos lateral del astrágalo y del cartílago del domo astragalino es clasificado como una fractura del cuello.<sup>[12]</sup>

## **3. Resonancia Magnética**

La Imagen por Resonancia magnética (IRM) tiene un rol limitado en el entorno agudo de las fracturas de astrágalo. Puede ser útil como una segunda vista para la evaluación de la lesión de los tejidos blandos, especialmente para la evaluación de los ligamentos

tibioastragalinos, así como en las complicaciones como la osteonecrosis. <sup>[12]</sup>

La RM es la técnica de elección en la evaluación de la posibilidad de osteonecrosis en caso de fracturas del astrágalo en estadios subagudos y crónicos. En RM se observa una afectación difusa con morfología y comportamiento de señal superponible a los infartos óseos. La necrosis avascular idiopática puede ser bilateral. En RM se observa un foco necrótico subcondral con extenso patrón de edema perilesional. El foco necrótico presenta un comportamiento de señal hipointenso en T1 y variable en T2. El edema o hiperemia perilesional muestra un comportamiento hipointenso en T1 e hiperintenso en T2 o secuencias STIR. <sup>[10]</sup>

#### 4. Eco Doppler

El ultrasonido Doppler (UD) es una técnica no invasiva, accesible y de alta disponibilidad que además es operador-dependiente. El médico radiólogo entrenado puede realizar una serie de hallazgos anatómicos, fisiológicos y fisiopatológicos que pudieran constituir un extenso reporte del estudio. El Doppler color puede ofrecer información de la pared arterial, la longitud de la estenosis, la morfología de las placas y su hemodinamia, pero puede ser técnicamente difícil y exige tiempo. La exploración por UD de las arterias de las extremidades inferiores se realiza en tres modalidades: escala de grises, Doppler color y Doppler espectral.<sup>[14,17]</sup>

Combinando el ultrasonido y el Doppler se estudia el flujo, para estimar la severidad de la obstrucción con notable fiabilidad, se ha estimado mayor sensibilidad que la arteriografía (sensibilidad 92-95%; especificidad 97-99%) con menor tasa de complicaciones. Los criterios cuantitativos utilizados son: la velocidad pico sistólica (VPS), el ratio de velocidad máxima entre la zona pre-, intra- y post-estenosis, la detección de turbulencias y la preservación de la pulsatilidad. <sup>[15,16,17,27]</sup>

Las velocidades pico sistólicas normales de la arteria femoral común es de 115 +/- 25 cm/s; la arteria femoral superficial tiene una velocidad 90 +/- 15 cm/s; la arteria poplítea tiene una velocidad de 69 +/- 15 cm/s, la arteria tibial anterior presenta una velocidad de 61 +/- 20 cm/s, la tibial posterior tiene una velocidad de 68,9 +/- 16,1, la arteria peronea tiene una velocidad de 39,4 +/-26,5, la tibial media tiene una velocidad de 0,81 +/- 0,22, y la arteria dorsal pedia tiene una velocidad de 16.8 +/- 5.7<sup>[15,16, 17]</sup>

Los estados patológicos de formas de onda de las arterias periféricas se identifican de la siguiente manera: estenosis menor del 50% del diámetro, la velocidad picosistolica aumenta ligeramente, pero es menos del doble que en el segmento proximal adyacente normal (relación <2). Estenosis de 50- 74% de diámetro, cuando la luz de la arteria se estrecha significativamente, la velocidad picosistolica aumenta en más de 100% (relación >2) en comparación con el segmento proximal adyacente normal. Estenosis mayor de 75% de diámetro, el estrechamiento arterial grave da como resultado un aumento de al menos cuatro veces en la velocidad picosistolica (relación de velocidad >4) en comparación con el segmento adyacente proximal normal. <sup>[22]</sup>

## **1.8 Clasificación de las fracturas de Astrágalo**

Habitualmente se distinguen tres tipos según la fractura asiente en la cabeza, cuello o cuerpo del astrágalo. Esta separación anatómica, a diferencia de lo que ocurre con fracturas en otras localizaciones, tiene implicaciones en cuanto al diagnóstico, tratamiento y evolución de los distintos tipos de lesiones.

### ***1. Fracturas del cuello del astrágalo***

Suponen hasta el 50% de las fracturas que asientan en el astrágalo. Este tipo de lesiones aparecen cuando el cuello cuyo hueso trabecular es menos denso, choca con el reborde anterior de la tibia durante un movimiento de dorsiflexión forzada. Si la fuerza lesional progresa se puede producir también la disrupción del ligamento talo calcáneo y del resto de las estructuras capsulares que rodean el astrágalo y aparecer eventualmente una subluxación o luxación de las articulaciones subastragalina y/o tibioastragalina.

En 1970 Hawkins , en un estudio sobre 57 fracturas del cuello del astrágalo, publicó la clasificación que lleva su nombre. En ella se relacionaba por primera vez el grado de desplazamiento del cuerpo del astrágalo con la incidencia de futura osteonecrosis, estableciendo una asociación entre el tipo de lesión y el pronóstico.

<p><i>Fracturas tipo I de Hawkins</i></p>	<p>Son fracturas verticales no desplazadas del cuello del astrágalo. La línea de fractura diseca la articulación subastragalina entre sus carillas media y posterior, pero el cuerpo del astrágalo se mantiene en su posición anatómica. En este tipo de lesiones solamente uno de los tres aportes vasculares mayores del astrágalo se encuentra interrumpido, concretamente el que aborda el cuello en su cara anterolateral dependiente de la arteria pedia. El índice de osteonecrosis es, por tanto, muy bajo o nulo.</p>
<p><i>Fracturas tipo II de Hawkins</i></p>	<p>Son también fracturas verticales del cuello del astrágalo asociadas a una subluxación o luxación de la articulación subastragalina, permaneciendo la articulación tibioastragalina intacta. En este tipo de lesiones habitualmente se interrumpen dos de los aportes vasculares mayores del cuerpo del astrágalo. El dorsal a través del cuello y el proveniente de la anastomosis vascular entre la arteria del canal tarsiano y la del seno del tarso. La incidencia de osteonecrosis supera el 40% en algunas series.</p>



<p><i>Fracturas tipo III de Hawkins</i></p>	<p>Se trata de una fractura vertical del cuello del astrágalo asociada a sendas luxaciones de las articulaciones subastragalina y tibioastragalina. El cuerpo del astrágalo habitualmente roto y se desplaza en sentido posteromedial, quedando atrapado en la parte posterior de la mortaja tibioastragalina. En este tipo de lesiones se debe realizar una reducción abierta de urgencia para aliviar la compresión de la piel y de las estructuras neurovasculares mediales y minimizar la incidencia de osteonecrosis. En la mayoría de las fracturas tipo III los tres sistemas vasculares mayores se encuentran interrumpidos.</p>
<p><i>Fracturas tipo IV de Hawkins (Canale)</i></p>	<p>Son fracturas verticales del cuello del astrágalo asociadas a una luxación de las articulaciones tibioastragalina, subastragalina y astrágalo-escafoidea. Son secundarias a traumatismos de alta energía, ocasiones abiertas y siempre con importante atricción de partes blandas. Además, con frecuencia presentan otras fracturas asociadas. Dado que todas las vías de aporte vascular están interrumpidas la incidencia de osteonecrosis del cuerpo y de la cabeza del astrágalo puede llegar al 100%.</p>

## **2. Fracturas de la cabeza**

Se deben a traumatismos de alta energía, como colisiones de coches o caídas desde una altura. El mecanismo en las caídas es por una hiperflexión dorsal; la fuerza transmitida desde el pie hasta el escafoides haría que la cabeza impactase contra el borde anterior del pilón tibial.

## **3. Fracturas del cuerpo**

Suelen deberse a caídas desde altura o a accidentes de coche, estando el pie en flexión dorsal forzada. El patrón de fractura dependerá del grado de flexión dorsal del tobillo y de la alineación en varo o valgo, cuando el pie sufre la fuerza axial. Si la fuerza compresiva es suficientemente fuerte, aplastará al cuerpo, y podrá además lesionar el cartílago articular de la tibioastragalina y astrágalo calcánea, teniendo el peor pronóstico. Frecuentemente se asocian con fracturas del tobillo, y con menor frecuencia a luxación tibioastragalina, fractura de tibia, calcáneo o de cuello astragalino.

#### **4. Fracturas de la apófisis lateral**

Se describieron como lesiones de alta velocidad, secundarias a caídas o accidentes de tráfico. El mecanismo es controvertido, no habiendo fracturas por arrancamiento o compresión directa. Se comprobó 16 que la fractura puede producirse por eversión forzada, con el tobillo en flexión dorsal, en la que la apófisis lateral resulta comprimida entre el maléolo peroneo y el calcáneo; sin embargo, otros opinan que no debe ser así, por cuanto no suele haber fractura del maléolo interno ni esguince del ligamento deltoideo.

Otro mecanismo descrito es el de inversión del retropié durante una brusca e intensa dorsiflexión del pie, aplicando fuerzas de rotación externa, que produciría una fuerza de cizallamiento transmitida desde el calcáneo a la apófisis lateral con fractura de ésta en un fragmento de tamaño variable, que puede llegar hasta la faceta posterior subastragalina; las carillas articulares astrágalo-calcáneas posteriores son congruentes en bipedestación e incongruentes con el talón en inversión; por ello en dorsiflexión se concentran las fuerzas en la apófisis lateral, produciendo la fractura. Esto ocurriría en el aterrizaje tras una maniobra aérea y frecuente en el snowboarding.

### **5. Fracturas de la tuberosidad postero medial**

En el tubérculo medial se inserta el tercio posterior del ligamento deltoideo, y sirve inferiormente para el brazo medial del ligamento bifurcado astrágalo-calcáneo. Su fractura es infrecuente. Se producen generalmente por un mecanismo indirecto por avulsión ósea del ligamento tibioastragalino posterior (deltoideo) durante una brusca dorsi flexión y pronación en la práctica deportiva. Otro caso descrito es un mecanismo directo en accidentes de tráfico, de dorsiflexión pura de tobillo, asociándose a fracturas del sustentaculum tali y de maléolo externo.

### **6. Fracturas de la tuberosidad posterolateral**

El mecanismo más habitual es el impacto directo de la tuberosidad posterolateral con la plataforma tibial posterior, estando el pie en flexión plantar forzada. Se da en deportistas (baloncesto y fútbol), al dar un salto brusco. También puede deberse a una inversión brusca del tobillo, con el tobillo en flexión dorsal excesiva, con avulsión del ligamento peroneo-astragalino posterior; también en fracturas de estrés en atletas, sobre todo en bailarines de ballet.<sup>[18]</sup>

## 7. Luxaciones del Astrágalo

*Luxaciones astragalocrurales aisladas o luxaciones simples:* se trata de la luxación del tobillo con pérdida de la relación entre el astrágalo y la mortaja tibioperonea, son producto de mecanismos de alta energía y de fuerzas de hiperflexión y torsión.

*Luxaciones subastragalinas o doble luxación:* ésta es la variedad más frecuente, representando 10% del total de las lesiones del astrágalo, existe severo daño en los ligamentos colaterales, son producto de un movimiento violento de pronación o supinación del pie y su resultado a mediano plazo suele ser favorable en 90%, desarrollando una artrosis en 31% y necrosis en 4%.

*Enucleación del astrágalo o triple luxación:* se trata de una lesión grave y de pésimo pronóstico, con una incidencia de 2% de las lesiones que afectan al astrágalo y 0.06% de todas las luxaciones del cuerpo, implica daño en la mayoría de las estructuras ligamentarias y rotura completa de todas las aportaciones vasculares con teórica evolución hacia la osteonecrosis, 70% de la presentación de esta patología suelen ser expuestas. Existen 4 variedades: anterolateral, lateral, anterior y medial, siendo esta última la más inusual, la reducción cerrada suele no tener éxito por la interposición del tendón tibial posterior o del flexor común de los dedos, resultando en reducción abierta acompañado de tenotomía e incluso de osteotomía del maléolo medial para conseguir la reducción. Los resultados a largo plazo en general son descritos como malos, con 90% de necrosis del astrágalo, infección en 89% de las luxaciones expuestas y alto riesgo de artrosis. <sup>[19]</sup>

## **1.9 Tratamiento Quirúrgico**

### *Cuello de astrágalo*

La única fractura del cuello que debe ser tratada sin cirugía son las tipo 1 las cuales son raras y usualmente solo se reconocen accidentalmente en tomografía computada. El tratamiento es inmovilización rígida y no pisar por 6 a 8 semanas.

La fijación del cuello dependerá de la localización y extensión de la conminución. Siempre es más fácil reducir con un pin en la zona menos conminuida y manipular para obtener una mejor reducción. Con el espacio limitado para la fijación, especialmente en el lado medio, se recomienda tornillos canulados con alambres guías para fijación temporal, y una guía potencia para estabilidad permanente. Puede ser necesario injerto óseo para rellenar los defectos de la conminución.

La fijación con tornillos pueden ser a través de la superficie cartilaginosa talonavicular si es necesario mientras las cabezas de los tornillos estén suficientemente enterrados para no estar en contacto con el cartílago navicular.

Las mini placas son preferidas en conminución importante ya que actúan como un puente para estabilizar los dos lados y el injerto óseo. Una vez se logró la reducción y fijación óptima, el movimiento subtalar se asegura para prevenir el pinzamiento o la obstrucción del movimiento completo.

### *Cabeza del astrágalo*

El abordaje quirúrgico para la faceta medial es una incisión entre los tendones del tibial anterior y el tibial posterior del maléolo medial hacia el tubérculo navicular. Las fracturas simples pueden ser reparadas utilizando clavillos K, tornillos de mini fragmentos o implantes bioabsorbibles, los implantes se colocan bajo visualización directa. En un abordaje dorsal, la fijación se realiza de manera percutánea ya sea en la cortical medial o lateral. En caso de conminución se debe hacer todo esfuerzo para preservar la articulación talocrural. Los fragmentos de cartílago flotante se deben remover. Usualmente se necesita injerto óseo.

### *Cuerpo de astrágalo*

El tratamiento debe ir fundamentalmente encaminado al alivio de la sintomatología. En las lesiones asintomáticas se mantendrá una actitud expectante. Si la lesión es aguda, pero no existe desplazamiento del fragmento osteocondral, se inmoviliza la articulación en descarga durante al menos 4 semanas. En los pacientes en los que fracase el tratamiento conservador se recurrirá al tratamiento quirúrgico que consiste en perforaciones anterógradas (o retrógradas en caso de lesiones muy posteriores) si el cartílago está intacto o en la escisión del fragmento y curetaje del lecho cuando éste se encuentre desprendido

La fractura se aborda a través del lado más accesible hacia el defecto, ya sea medial o lateral. En la mayoría de los casos es necesario una osteotomía. Si la fractura es suficientemente grande para aceptar fijación, la estabilización con pins bioabsorbibles se debe realizar. Si el fragmento es demasiado pequeño, la fijación no es posible, el fragmento debe retirarse. El tratamiento del cuerpo se basa en restaurar la integridad de la articulación tanto de la tibiotalar como de la subtalar. El uso de fijación interna con alambres K permiten la movilización precoz.

### *Proceso Lateral*

El tratamiento depende de la presencia de desplazamiento intraarticular del fragmento. Una lesión no desplazada puede ser tratada con un yeso sin carga por 4-6 semanas. El tratamiento no quirúrgico de las fracturas no desplazadas ha llevado a malos resultados. Las fracturas desplazadas deben ser tratadas con una reducción abierta anatómica con fijación y desbridamiento. Se debe restaurar la congruencia articular de la articulación subastragalina. Solo si el fragmento es muy pequeño para la fijación este se debe retirar de la articulación.

La fijación puede ser lograda con tornillos bioabsorbibles o placas y tornillos mini (1.5 mm -- 2.7 mm). La configuración actual de los implantes dependerá de la fractura.



### *Tubérculo Posteromedial*

Las fracturas del aspecto posterior del astrágalo también se reportan separadamente de las fracturas del cuerpo. Ellas pueden involucrar el tubérculo medial, Os trigonum o el tubérculo medial. La fractura del Os trigonum es más común y es causada por una hiperflexión plantar con carga. Las fracturas del aspecto posteromedial del cuerpo son las más raras. Existen casos reportados con tratamiento quirúrgico y no quirúrgico.

La superficie inferior del tubérculo medial es parte de la faceta posterior de la articulación subastragalina; la porción extra articular provee un agarre al ligamento tibiotalar posterior y su superficie dorsal es involucrada con la articulación tibiotalar. Están descritos dos mecanismos para producir esta lesión: puede ocurrir por un golpe directo detrás del maléolo medial o como resultado de una pronación, dorsiflexión con carga de la parte posteromedial del astrágalo. Se describe como resultado de deportes, caídas de altura, o colisiones en vehículos automotores.

Las recomendaciones actuales sugieren un manejo agresivo. Se incluye reducción abierta con fijación interna de las fracturas desplazadas. No hay reportes de fracturas no desplazadas de la porción posteromedial, por lo tanto el efecto del tratamiento no quirúrgico se desconoce en estas lesiones. Las fracturas desplazadas tratadas con inmovilización tienen un resultado pobre llevando a la fusión subtalar.

La reducción anatómica se consigue mejor si primero se separan los fragmentos. La superficie articular luego se aborda en busca de la lesión condral o impactación subcondral. Las superficies profundas se construyen primero, seguido de la articulación subtalar y finalmente la superficie tibiotalar. Muchas veces es necesario de injerto óseo para llenar el vacío entre las superficies articulares dando rigidez a la reparación. tornillos de fragmentos pequeños o implantes bioabsorbibles se utilizan para asegurar los fragmentos. Tanto la articulación tibiotalar como la subtalar deben tener distancia antes del cierre para asegurar el bloqueo o el pinzamiento de la superficie articular. [20]

### **1.10 Complicaciones**

*Artrosis:* El seguimiento a largo plazo de las fracturas del astrágalo identifica que la causa más común de los resultados pobres está asociada con la OA subastragalina, tibioastragalina y talonavicular. Higgins y Baumgaertner citan un 36-75% de OA en las fracturas tipo II de Hawkins y un 69- 100% en las tipo III.

*Pseudoartrosis:* Las pseudoartrosis son muy raras en este tipo de fracturas porque, incluso en presencia de NAV del cuerpo, el cuello viable o el fragmento remanente del cuerpo habitualmente cura el segmento avascular. Hay autores que cifran la frecuencia en un 0-10% .

*Malunión o malposición:* Ocurren más frecuentemente, sobre todo en las fracturas del cuello y se deben a la ausencia o pérdida de la reducción anatómica. Higgins presenta un 18-27%, Canale y Kelly hablan de un 28% de los casos. La mayoría de los autores está

de acuerdo que una malposición en varo incrementa el riesgo de OA subastragalina y que ésta se correlaciona directamente con una limitación de la articulación subastragalina y astragaloescafoidea.

*Necrosis cutánea:* Puede ocurrir tras el tratamiento quirúrgico y no quirúrgico. Es común y difícil de prevenir. La reducción precoz del cuerpo o cabeza desplazados es el mejor tratamiento. Cuando ocurre la infección, son obligatorias irrigaciones y desbridamiento repetidos.

*Osteomielitis:* Ocurre típicamente después de las fracturas abiertas del astrágalo con contaminación o después de dehiscencia de la herida o desprendimiento cutáneo. La osteomielitis es difícil de erradicar después de que se ha desarrollado, porque parte o todo el hueso es avascular después de este tipo de lesiones. Generalmente esta complicación requiere escisión del cuerpo del astrágalo para tratamiento definitivo.

*Osteoporosis:* Como cualquier otra articulación fracturada sometida a un largo período de inmovilización se desarrollan las osteoporosis por desuso.

*Fracturas asociadas:* Es frecuente en pacientes que han sufrido un traumatismo de alta energía sobre el pie y en los politraumatizados. La asociación de estas fracturas con otras localizadas en el mismo pie o tobillo origina un peor pronóstico en el resultado final. [21]

Dentro de las complicaciones encontramos a la necrosis avascular del astrágalo, debido a su importancia en este estudio a continuación se explicará con mayor detalle.

### ***Necrosis Avascular del Astrágalo***

La osteonecrosis es una complicación frecuente tras las fracturas del cuello y cuerpo del astrágalo. La incidencia media de osteonecrosis en las de tipo I de Hawkins fue del 5%, en las de tipo II del 35%, en las de tipo III del 78% y las de tipo IV también del 78%. El diagnóstico de osteonecrosis por radiología convencional no siempre es fácil. Hawkins estableció el límite entre las 6 u 8 semanas como el momento en el que aparecen los primeros cambios radiográficos que alertan sobre la presencia de la necrosis. Lo cierto es que pueden observarse en cualquier momento entre las 4 semanas y los 6 meses tras la lesión. La osteonecrosis se identifica en radiología simple como una zona hiperdensa en comparación con el hueso circundante, que generalmente se encuentra osteoporótico por la descarga y la inmovilización.

Se denomina «signo de Hawkins» a la osteopenia parcheada apreciable en el hueso subcondral de la cúpula astragalina en las proyecciones radiológicas anteroposteriores de tobillo y de la mortaja tibioastragalina. Suele observarse a las 6 u 8 semanas tras la lesión y pone de manifiesto la preservación de la vascularización del cuerpo del astrágalo. Con su aparición se puede descartar la presencia de osteonecrosis. Es, por tanto, un indicador de buen pronóstico.

La RM es una prueba especialmente sensible para la detección de osteonecrosis y muy útil para la estimación del grado de afectación del cuerpo del astrágalo. Los adipocitos vivos de la médula ósea originan una hiperintensidad de señal en T1. Cuando el hueso pierde su vascularización la muerte de las células grasas se produce de forma precoz, alterando la señal de intensidad grasa en T1. Estos cambios son detectables mediante RM a las tres semanas. Como norma general es aconsejable realizar una RM en aquellos casos en los que el signo de Hawkins no sea visible a los tres meses de la lesión.

El tratamiento inicial de la osteonecrosis debe ser conservador. Es importante recordar que las fracturas del astrágalo pueden curar a pesar de la osteonecrosis. Por tanto, el factor determinante para autorizar al paciente la carga progresiva será la presencia de consolidación de la fractura, ya que la revascularización del astrágalo puede durar hasta 36 meses y mantener la descarga durante ese tiempo no sería práctico.

Además, no existen datos concluyentes que demuestren que el apoyo sea la causa del colapso del hueso; es más, algunos autores afirman que éste se producirá independientemente de que el paciente cargue o no sobre la extremidad afectada.

Los pacientes con dolor y evidencia radiográfica de osteonecrosis pueden utilizar una ortesis de descarga de apoyo patelar, aunque este tipo de diseños tampoco previenen el colapso del cuerpo del astrágalo. A la hora de diseñar la estrategia de tratamiento hay que tener en cuenta que la osteonecrosis no siempre se acompaña de una sintomatología florida. Por tanto, muchos pacientes pueden tener una función articular satisfactoria a pesar de la evidencia radiográfica de la lesión.

La cirugía estará indicada solamente en aquellos casos en los que el dolor o la impotencia funcional no mejoren con el tratamiento conservador. La técnica quirúrgica a emplear variará en función de la extensión de la necrosis. Si ésta es parcelar y afecta solamente a una articulación el tratamiento de elección será la artrodesis de la misma con aporte de injerto, previa escisión de todo el hueso necrótico adyacente a la superficie articular. En los casos de necrosis y colapso completo del cuerpo del astrágalo es necesario recurrir a cirugías mucho más complejas. La talectomía se ha utilizado en estos casos con un éxito limitado debido al dolor crónico y al acortamiento que produce en la extremidad afectada.

Para solventar alguno de estos problemas se ha propuesto la artrodesis entre la cresta tibial anterior y el cuello del astrágalo tipo Blair tras la escisión del hueso necrótico. Con esta técnica se mantiene una cierta movilidad del retropié, se evita el acortamiento de la extremidad y se consigue un apoyo plantígrado. Sin embargo, tiene un elevado riesgo de pseudoartrosis y colapso tardío del injerto.

En conclusión, en las fracturas del astrágalo es importante conseguir su consolidación en la posición correcta. Sin embargo, mucho más importante es el adecuado tratamiento de las lesiones de las partes blandas, cuando existan. En caso contrario habría que emplear técnicas complejas. <sup>[1,2]</sup>

## 2. Justificación

Las fracturas de astrágalo son un problema de salud ya que son diversas las complicaciones que se pueden presentar, tales como artrosis temprana, alteraciones de la marcha, dolor crónico, y específicamente para este estudio la necrosis avascular del astrágalo, teniendo repercusiones a mediano y largo plazo con impacto sobre la calidad de vida, impacto social, y económico, utilización de auxiliares ortopédicos e incapacidad Permanente.

El ultrasonido Doppler como herramienta de imagen cuenta con diversas ventajas; es de fácil acceso, bajo costo y al alcance en el servicio de urgencias. Al determinar las alteraciones hemodinámicas se espera que la observancia de estos cambios nos permitan tratar de una manera oportuna la patología con el objetivo de evitar la necrosis avascular del astrágalo así como prevenir los tiempos prolongados de tratamiento quirúrgico, por lo que es factible el estudio en este hospital, proporcionando una base epidemiológica para el tratamiento de futuros casos.



### 3. Planteamiento de problema

Las fracturas de astrágalo representan el 0.1% de todas las fracturas, se presentan con mecanismos de alta energía, existen diferentes clasificaciones siendo la de Hawkins la más utilizada, de las cuales la tipo II es la más común. Se considera que las fracturas tipo Hawkins III y IV tiene un desenlace en necrosis avascular del astrágalo cerca de un 100% de los casos, sin embargo las tipo dos solo entre el 35-40% lo hacen, por lo que la evolución de estos pacientes es incierta. Se desconoce la repercusión hemodinámica que sucede directamente de la arteria tibial anterior. No teniendo evidencias de registros espectrales de las velocidades máximas cuando sucede este tipo de fracturas. Por lo que el registro mediante ultrasonido Doppler determinará si hay cambio hemodinámicos que pueda ser condicionante de necrosis avascular del astrágalo mediante un seguimiento pre y postquirúrgico. De la misma manera se debe valorar si el retraso en la atención de estos pacientes puede condicionar mayor riesgo de necrosis avascular del astrágalo.

#### **4. Pregunta de Investigación**

¿ Existe Relación entre las fracturas de astrágalo tipo Hawkins II con los cambios hemodinámicos arteriales condicionantes de necrosis avascular del astrágalo en pacientes del hospital general regional #2?

## 5. Objetivos

### Objetivo general

Relacionar las fracturas de astrágalo tipo Hawkins II con los cambios hemodinámicos arteriales mediante ultrasonido doppler como condicionante de necrosis avascular en pacientes del Hospital General Regional N 2 Guillermo Fajardo Ortiz

### Objetivo específicos

- Relacionar el tipo de fractura de astrágalo y la necrosis avascular del astrágalo.
- Relacionar el tipo de fractura de astrágalo con los cambios de la velocidad pico sistólica de la arteria tibial posterior arteria tibial anterior y arteria dorsal pedia pre y postquirúrgicos
- Determinar si existe necrosis avascular del astrágalo a los 3 meses mediante radiografía, tomografía computada o resonancia magnética
- Relacionar el tipo de abordaje quirúrgico con la necrosis avascular del astrágalo.
- Relacionar el tiempo de evolución de las fracturas de astrágalo con la necrosis avascular del astrágalo.

## 6. Hipótesis

- Existe una relación entre las fracturas de astrágalo tipo Hawkins II y los cambios hemodinámicos arteriales condicionantes de necrosis avascular del astrágalo en el hospital general regional 2
- Hipótesis Nula: No existe relación entre las fracturas de astrágalo tipo Hawkins II y los cambios hemodinámicos arteriales condicionantes de necrosis avascular del astrágalo en el hospital general regional 2

## **7. Material y métodos**

El estudio se llevó a cabo en el Hospital General Regional No. 2 “Dr. Guillermo Fajardo Ortiz”, en el periodo de julio de 2021 a junio de 2022.

### **Criterios de Selección**

#### Criterios de Inclusión

- Pacientes mayores de 16 años de edad que Presentaron Fractura y Luxación Astrágalo, atendidos en el servicio de urgencias HGR N2
- Pacientes que tuvieron seguimiento en la unidad de por lo menos 3 meses

#### Criterios de No Inclusión

- Pacientes menores de 16.

#### Criterios de Exclusión

- Pacientes que no acepten firmar consentimiento informado
- Pacientes quienes no cuenten con algún estudio de imagen

### **Tipo de Estudio**

Se trató de un estudio Observacional, Descriptivo, Longitudinal, Prospectivo ya que se recolectaron pacientes en el servicio de urgencias y piso, se evaluaron sus estudios de imagen y se les dio seguimiento a su evolución a los 3 meses postquirúrgicos con nuevos estudios de imagen para así realizar el análisis estadístico.

## Cálculo de tamaño de muestra

### Ecuación

$$\text{Tamaño de la muestra } n = \frac{EDFF * N * p(1-p)}{[(d^2 / Z^2_{1-\alpha/2} * (N-1) + p(1-p))]}$$

Se calculó el tamaño de muestra de la población (para el factor de corrección de la población finita o FCP) (N): 25000 con una frecuencia % hipotética del factor del resultado en la población (p): 0.9% +/- 5. De acuerdo a los datos obtenidos en el artículo Fracturas de Astrágalo por F. Landero.

Límite de confianza con o % de 100 (absoluto +/- %) (d): 5%.

Efecto de diseño (para encuestas en grupo -EDFF): 1

Tamaño muestral (n) para varios Niveles de Confianza (F. Landero, Fracturas de Astrágalo)

Intervalo de confianza (%)	Tamaño de muestra
95%	14
80%	6
90%	10
97%	17
99%	24
99.9%	39
99.99%	54

Para este estudio se utilizó el tamaño de muestra para un intervalo de confianza del 95% y un margen de error del 5%. Resultados de Open Epi, versión 3, la calculadora de código abierto SSPropor

### Operacionalización de Variables

	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN	UNIDAD DE MEDIDA
EDAD	Tiempo que ha vivido una persona desde su nacimiento	Número de años reportados en el expediente	Cuantitativa discreta	NO	Años
GÉNERO	Conjunto de diferencias biológicas, anatómicas y fisiológicas de los seres humanos que los definen como hombres o mujeres	Sexo reportado en el expediente	Cualitativa Nominal Dicotómica	NO	1.Masculino 2.Femenino

FRACTURA DE ASTRÁGALO	Pérdida de la continuidad ósea a nivel del astrágalo	Tipo de fractura reportada en radiografía, tomografía o expediente Clínico ya sea en cabeza, cuello o cuerpo del astrágalo, utilizando la clasificación de Hawkins para las fracturas del cuello del astrágalo.	Cualitativa Ordinal	Clasificación de Hawkins	1. I 2. II 3. III 4. IV
VARIABLES DEPENDIENTES					



TRATAMIENTO QUIRÚRGICO	Plan terapéutico que objetivamente requiere el uso de la cirugía para curar o aliviar una lesión.	Pacientes con fractura o luxación de astrágalo que ameritan tratamiento quirúrgico mediante reducción abierta fijación interna con tornillos	Cualitativa Ordinal	NO	1 Si 2 No
------------------------	---	--	---------------------	----	--------------

ABORDAJE QUIRÚRGICO	Vía de acceso quirúrgico, disección específica por medio de la cual se expone un órgano o una estructura en la cirugía	Se tomará del expediente el tipo de abordaje seleccionado por el cirujano a cargo de la cirugía, la puede realizar mediante reducción cerrada, abierta con una sola incisión o dos incisiones.	Cualitativa Ordinal	N O	1. Abordaje cerrado 2. abordaje abierto único 3. abordaje abierto doble
---------------------	--	--	---------------------	--------	---

TIEMPO DE EVOLUCIÓN	Tiempo transcurrido desde la fractura hasta el momento de atención	Se recabará la información del expediente o del interrogatorio directo tomando el tiempo desde el día de la fractura hasta su atención hospitalaria	Cuantitativa discreta	N O	1 Días 2 Semanas 3. Meses 4. Años
NECROSIS AVASCULAR DEL ASTRÁGALO	Muerte de Tejido óseo del astrágalo a causa de la falta de irrigación sanguínea	Datos imagenológicos por radiografía consistente en radiopacidad subcondral los cuales se corroboraron con radiografía simple, tomografía computada o resonancia magnética con datos como colapso del domo astragalino reportados en el reporte de imagen o expediente	Cualitativa Nominal	N O	1 Presente 2 Ausente

VELOCIDAD PICO SISTÓLICA EN ULTRASONIDO O DOPPLER	Valor obtenido por medición mediante flujometría por ultrasonido doppler de las arterias	Velocidades obtenidas durante la valoración por medio de ultrasonido doppler reportados por el médico radiólogo, siendo los valores de referencia los siguientes Arteria tibial anterior 61 +/- 20 cm/s. Arteria peronea 39.4 +/- 26.5, Arteria tibial media 0.81 +/- 0.22, Arteria tibial posterior 68,9±16,1 Arteria dorsal pedia 16.8 +/- 5.7.	Cuantitativa Discreta	N O	1. Flujo Laminar 2. Obstrucción < 50% 3. Obstrucción 50- 75% 4. Obstrucción >75%
---	--	---	-----------------------	-----	---

		<p>Una velocidad pico sistólica dentro de parámetros normales se considera Flujo Laminar. Si hay flujo aumentado pero no mayor de dos veces el parámetro normal se considera Obstrucción menor a 50%. Si es mayor a dos veces el valor normal se considera obstrucción de 50-75% y si la obstrucción es mayor a 4 veces normal se considera obstrucción mayor a 75%.</p>			
--	--	--	--	--	--

## Metodología

La metodología de esta investigación se realizó al llegar el paciente con fractura o luxación de astrágalo al servicio de urgencias se captó, se revisó en el expediente la edad, sexo, tiempo de evolución en recibir tratamiento, se le realizó radiografía simple anteroposterior y lateral de tobillo realizando mediciones radiográficas de astrágalo, se calificó según Hawkins en estadios I, II, III, IV y no clasificable por Hawkins, se solicitó ultrasonido doppler valorando la vascularidad de la arteria tibial anterior, arteria tibial posterior y la arteria pedia dorsal, se solicitó tomografía computada para describir la morfología del astrágalo. paciente se programó para cirugía consistente en reducción abierta o cerrada con fijación interna con tornillos, tornillos simples, tornillos canulados o clavillos vs Fijador externo o tratamiento conservador dependiente el caso, al egresar el paciente se citó en 3 meses de su tratamiento quirúrgico para realizar mismos estudios radiográficos, ultrasonográficos para describir los hallazgos y compararlos con los prequirúrgicos en el caso de encontrar datos sugestivos pero no definitivos de necrosis de astrágalo se solicitaron estudios más específicos como tomografía computada o resonancia magnética. Se recopilaron estos datos y se analizaron mediante el programa Sspropor para llegar a un resultado.

## **Procedimientos:**

Al llegar paciente al servicio de urgencias del HGR2 se le realizaron radiografías simples de pie y tobillo, con las mediciones radiográficas pertinentes, se dio diagnóstico de fractura con o sin luxación de astrágalo, se le solicito firmar consentimiento informado para entrar al protocolo, Se revisó expediente clínico en busca de datos consistentes en edad, sexo, tiempo de evolución. Se realizó tomografía computada del pie lesionado y se realizó descripción de la morfología del astrágalo clasificándolo según Hawkins en grado I, II, III, IV en caso de ser fractura del cuello de astrágalo o como no clasificable por Hawkins si se trataron de fracturas fuera del cuello del astrágalo.. Se realizó ultrasonido Doppler de las arterias tibial anterior, tibial posterior y pedia dorsal, determinando sus velocidades pico. Posteriormente se realizó protocolo quirúrgico, se tomó del expediente el tipo de abordaje realizado (Cerrado, Abierto con abordaje único o doble) y el tipo de material de osteosíntesis utilizado (tornillos simples, tornillos canulados, clavillos kirschner, fijador externo) o tratamiento conservador. Al egresar se citó en 3 meses de post operado para evaluar nuevo ultrasonido doppler para realizar mismas mediciones ultrasonográficas, se realizó también radiografía tomografía computada o resonancia magnética de pie en busca de datos compatibles con necrosis avascular del astrágalo. Se realizó un análisis de los resultados obtenidos y se determinó una relación entre el tipo de fractura, los hallazgos vasculares y la osteonecrosis de dichos pacientes.

## **Infraestructura y Experiencia del grupo**

El grupo de trabajo está integrado por dos médicos, entre ellos un residente de cuarto año de la especialidad de Traumatología y Ortopedia, quien se encargó de la búsqueda, inclusión de pacientes al proyecto y recopilación de datos, el presente documento forma parte de su trabajo de titulación. Así mismo el equipo está integrado por un médico especialista en imagenología que revisó los aspectos radiográficos y de ultrasonido de cada paciente. En conjunto se realizó la revisión de la metodología y del análisis estadístico junto con la asesora metodológica con maestría en metodología e investigación.. El Hospital General Regional No. 2 se considera un hospital de referencia de la zona sur con la infraestructura necesaria para la atención y seguimiento de pacientes con fractura luxación de astrágalo, cuenta con servicio de radiografía, ultrasonido doppler, tomografía computada para la evaluación de los aspectos incluidos en el proyecto, así como servicio de consulta externa para seguimiento, no se requieren estudios ni evaluaciones fuera de este hospital.

El Médico residente de cuarto año se encuentra en proceso de formación académica con participación continua en el servicio de urgencias así como en el servicio de Pie y tobillo, además como parte de su formación académica acude a seminarios de investigación, seminarios clínicos y sesiones académicas semanalmente.

La Médico Radiólogo se encuentra adscrita al servicio de imagenología del hospital general regional No 2, tiene experiencia cuenta con alta especialidad en imagen músculo esquelético por el INR avalada por la UNAM y maestría en administración

de hospitales avalada por la UVM.

### **Instrumento de recolección de datos**

Se recolectaron los datos del paciente a partir del Expediente clínico así como las imágenes de estudios del sistema Xero View para visualización de radiografías, tomografía computada 16 cortes y ultrasonido Doppler Simens. El análisis de dichos estudios fue realizado por el médico radiólogo.

### **Prueba Estadística**

El análisis de datos se realizó mediante la prueba estadística, Chi cuadrada en el programa SSP.



## 8. Aspectos Éticos

El presente trabajo respeta las normas institucionales, nacionales e internacionales que rigen la investigación en seres humanos en nuestro país. Dentro de las normas nacionales se incluye la Ley General de Salud, TÍTULO QUINTO Investigación para la Salud, capítulo único; la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012, que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos y el reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud.

Se considera una investigación con riesgo mayor que el mínimo ya que las probabilidades de afectar al sujeto son significativas, entre las que se consideran: estudios radiológicos, ensayos con nuevos dispositivos, estudios que incluyan procedimientos quirúrgicos.

El paciente fue informado de las evaluaciones, riesgos y beneficios del estudio, firmó el consentimiento informado (ANEXO) para la inclusión, tuvo la oportunidad de retirarse del estudio en el momento en el que el paciente consideró sin afectar la evaluación clínica posterior ni la atención médica que recibirá.

Este protocolo prioriza el respeto de los principios básicos de la bioética como la autonomía, la beneficencia, la no maleficencia; esto implica que el paciente es libre de decidir sobre su participación en el protocolo en todo momento, sus decisiones y persona serán tratadas con respeto y buscando siempre realizar acciones en beneficio del paciente, así como se le mantendrá informado sobre el estudio.

La carta de consentimiento informado ha sido elaborada de acuerdo con lo

especificado en el reglamento de la Ley General de Salud, título segundo de los Aspectos éticos de la Investigación en Seres Humanos capítulo I, en sus artículos 20 al 27. Este protocolo se realizó en apego a los principales documentos que rigen los experimentos e investigaciones en seres humanos como son:

Código de Núremberg: Consideramos como parte fundamental del protocolo el consentimiento informado mediante el cual se explica ampliamente los procedimientos a realizar, riesgos, beneficios y posibles complicaciones, así como se explica ampliamente la libertad de participar en el estudio sin influir su decisión en el tratamiento y seguimiento del paciente. · La Declaración de Helsinki: Como requisito principal se respeta la integridad y dignidad de la persona, limitaremos los riesgos y se protege la libertad de participar o no el estudio sin afectar el seguimiento ni tratamiento del paciente, explicamos ampliamente las responsabilidades del investigador y la disposición del grupo de trabajo para la resolución de cualquier duda. · El informe Belmont: En concordancia con los tres principios básicos del informe (respeto, beneficencia y justicia), este protocolo respetará la decisión autónoma de las personas sobre su participación o no participación en el mismo, se les otorgó suficiente información para la realización de una adecuada evaluación de riesgos y beneficios del estudio y por tanto los participantes tendrán suficiente información para la toma de decisiones, por último los investigadores nos comprometemos a realizar una selección imparcial de los sujetos de estudio sin ningún tipo de prejuicio social, sexual, cultural o racial ni la búsqueda de beneficiar un paciente sobre otro.

## 9. Resultados

### Resultados Univariados

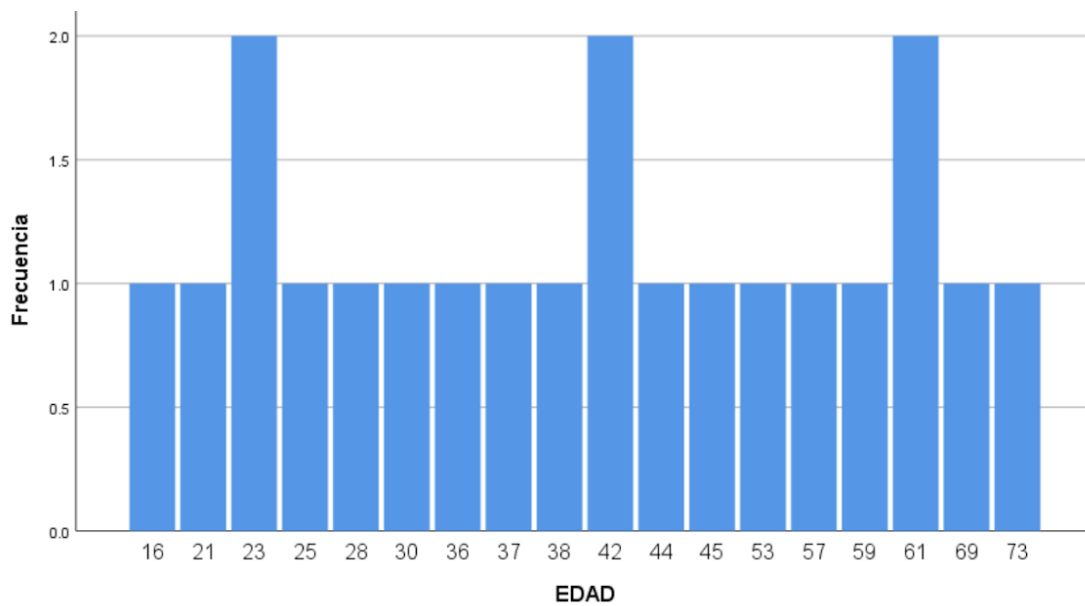
Respecto a la variable Edad se encontró una media 42.05, con múltiples modas, 23, 42 y 61, así como una mediana de 42.00. Así como una edad mínima de 16 y una edad máxima de 73 años. (ver tabla 1, ver gráfica 1)

Tabla 1: Edades

N	Válido	21
	Perdidos	0
Media		42.05
Mediana		42.00
Moda		23 <sup>a</sup>
Suma		883

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Gráfica 1: Frecuencia de Edades

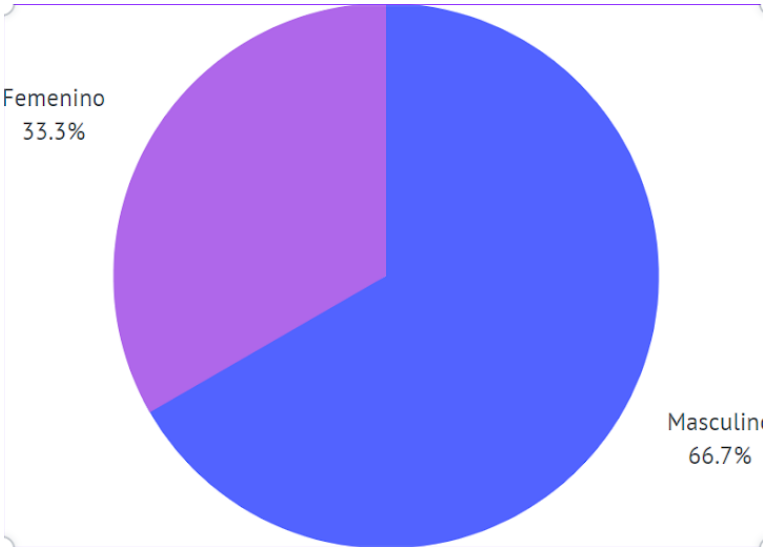


Respecto a la variable sexo, se encontró frecuencia de 14 masculinos (66.7%) y 7 femeninos (33.3%) con un total de 21. (ver tabla 2, Gráfica 2).

Tabla 2: Frecuencia y porcentaje según el Género

GÉNERO		Frecuencia	Porcentaje
Válido	Masculino	14	66.7
	Femenino	7	33.3
	Total	21	100.0

Gráfica 2: Porcentaje según el Género

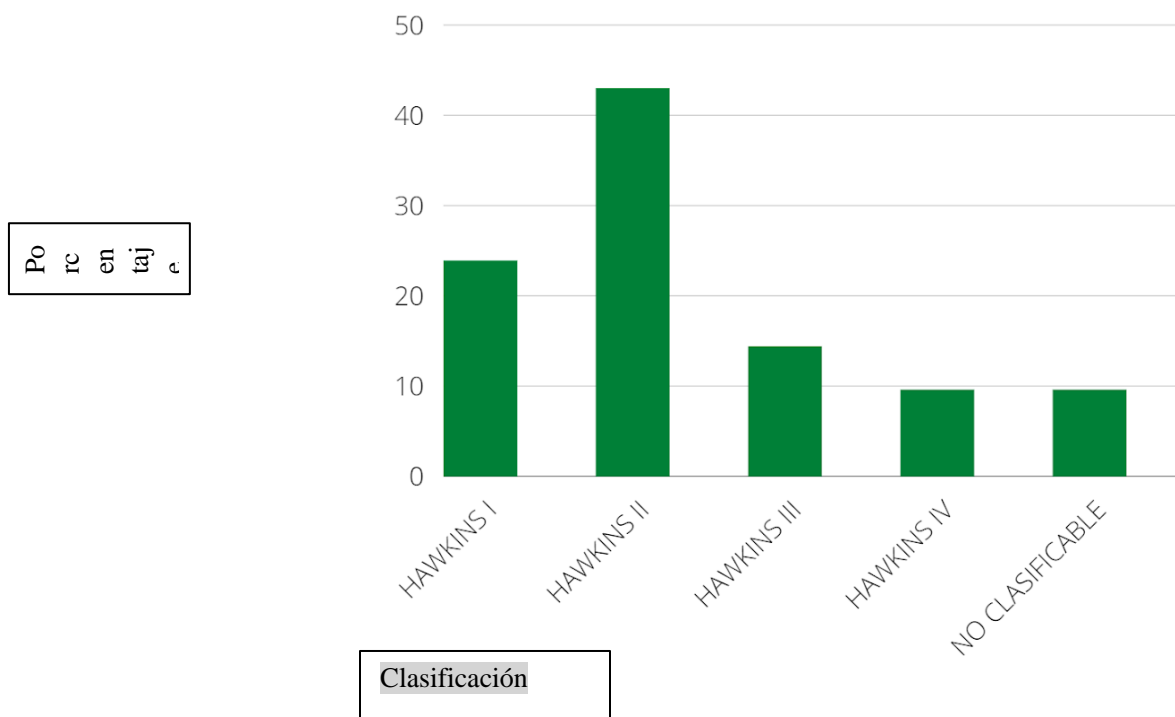


Con respecto a la variable Fractura de Astrágalo, la cual se clasificó por Hawkins se encontró una frecuencia en Hawkins tipo I de 5 (23.8%) , Hawkins tipo II de 9 (42.9%), Hawkins tipo III de 3 (14.3%), Hawkins tipo IV de 2 (9.5%) y las no clasificables por Hawkins en 2 (9.5%). (ver Tabla 3, Gráfica 3).

Tabla 3: Frecuencia y Porcentaje de las fracturas de astrágalo según la clasificación de Hawkins

CLASIFICACIÓN DE LA FRACTURA DE ASTRÁGALO		Frecuencia	Porcentaje
Válido	HAWKINS I	5	23.8
	HAWKINS II	9	42.9
	HAWKINS III	3	14.3
	HAWKINS IV	2	9.5
	NO CLASIFICABLE	2	9.5
	Total	21	100.0

Gráfica 3: Porcentaje de las fracturas de astrágalo según la clasificación de Hawkins

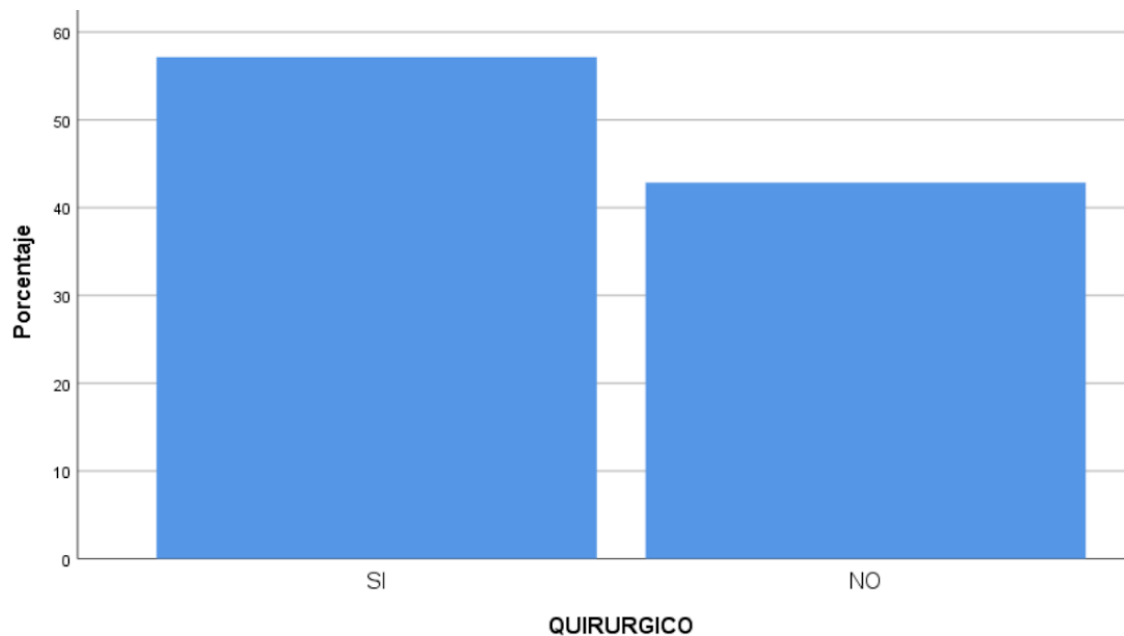


Con respecto a la variable Tratamiento Quirúrgico se encontró una frecuencia de Si en 12 ocasiones (57.1%) y no en 9 (42.9%). (Ver tabla 4 y Gráfica 4).

Tabla 4: Frecuencia y porcentaje de Tratamiento quirúrgico

TRATAMIENTO QUIRÚRGICO		Frecuencia	Porcentaje
Válido	SI	12	57.1
	NO	9	42.9
	Total	21	100.0

Gráfica 4: Porcentaje de pacientes que recibieron o no Tratamiento Quirúrgico

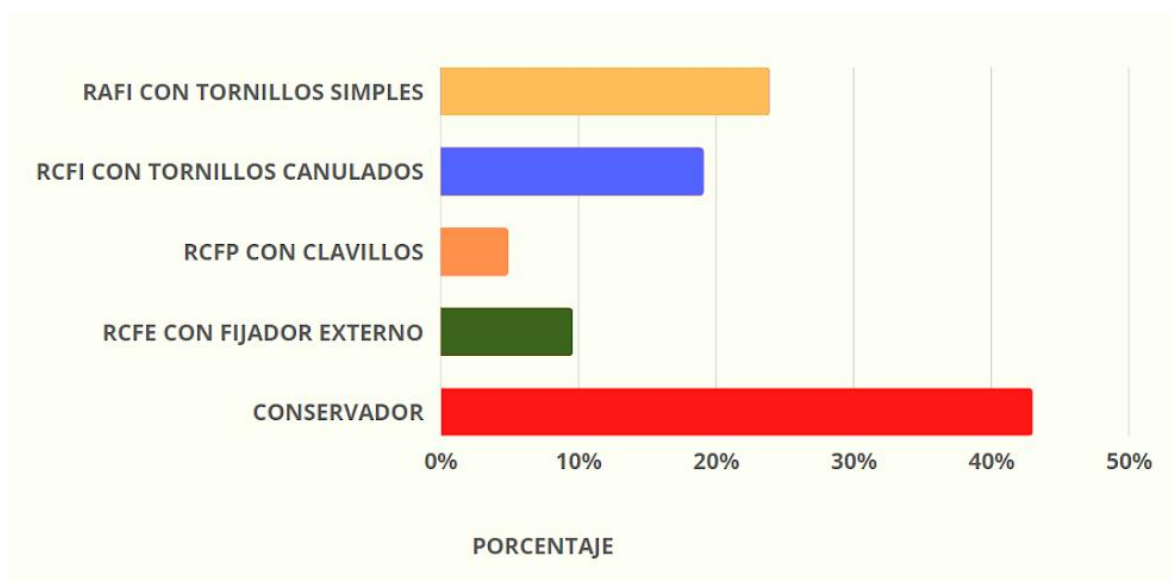


Con respecto a la variable Tipo de Tratamiento Quirúrgico se encontró una frecuencia de Reducción abierta fijación interna con tornillos simples en 5 ocasiones (23.8%), Reducción cerrada fijación percutánea con tornillos canulados en 4 ocasiones (19%), reducción cerrada fijación percutánea con clavillos en 1 ocasión (4.8%), reducción cerrada fijación externa con Fijador externo en 2 ocasiones (9.5%), 9 de los pacientes recibieron tratamiento conservador (42.9%). (Ver tabla 5, Gráfica 5).

Tabla 5: Frecuencia y porcentaje de los tipos de tratamiento quirúrgico y conservador que recibieron los pacientes.

TIPO DE TRATAMIENTO	Frecuencia	Porcentaje
RAFI CON TORNILLOS SIMPLES	5	23.8
RCFI CON TORNILLOS CANULADOS	4	19.0
RCFP CON CLAVILLOS	1	4.8
FIJADOR EXTERNO	2	9.5
CONSERVADOR	9	42.9
Total	21	100.0

Gráfica 5: Porcentaje de los tipos de tratamiento Quirúrgico y Conservador que Recibieron los pacientes.

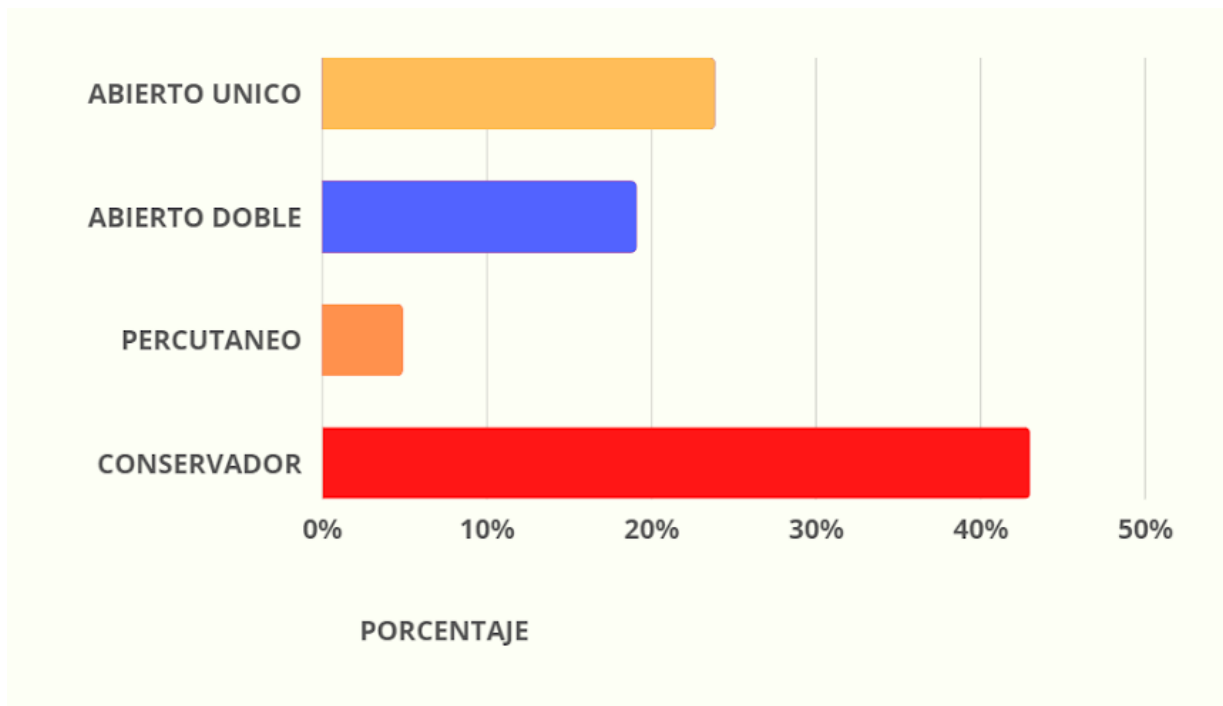


Con respecto a la variable tipo de abordaje se encontró una frecuencia de abordaje abierto único en 4 ocasiones (19%), abordaje abierto doble en 4 ocasiones (19%), abordaje percutáneo en 2 ocasiones (9.5%), los 2 pacientes que recibieron tratamiento con fijador externo no recibieron tratamiento definitivo por lo que se incluyeron dentro de los pacientes que recibieron tratamiento conservador en total 11 (52.4). (Ver tabla 6 y Gráfica 6).

Tabla 6: Frecuencia y porcentaje de tipos de abordaje quirúrgico y tratamiento conservador

TIPO DE ABORDAJE	Frecuencia	Porcentaje
ABIERTO ÚNICO	4	19.0
ABIERTO DOBLE	4	19.0
PERCUTÁNEO	2	9.5
CONSERVADOR	11	52.4
Total	21	100.0

Gráfica 6: Porcentaje de tipos de abordaje quirúrgico y tratamiento conservador



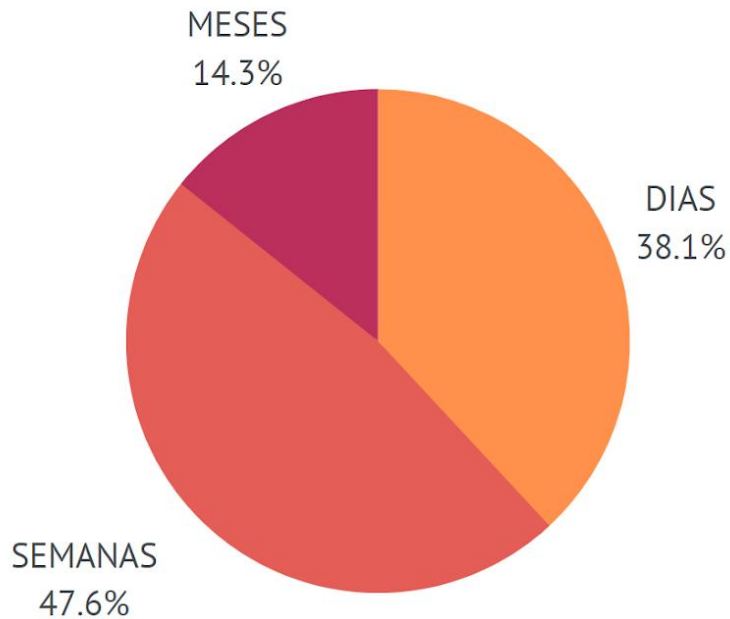


Con respecto a la variable Tiempo de evolución se encontró que 8 pacientes recibieron tratamiento en días (38.1%), 10 recibieron tratamiento en semanas (47.6%) y 3 recibieron tratamiento en meses (14.3%). (Ver tabla 7 y Gráfica 7).

Tabla 7: Frecuencia y porcentaje de tiempo de evolución en recibir tratamiento.

TIEMPO DE EVOLUCIÓN		Frecuencia	Porcentaje
Válido	DÍAS	8	38.1
	SEMANAS	10	47.6
	MESES	3	14.3
	Total	21	100.0

Gráfica 7: Porcentaje de Tiempo de evolución en recibir tratamiento.

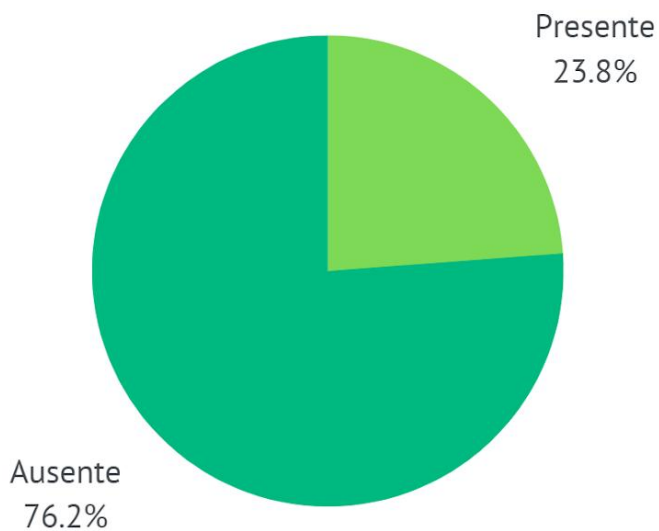


Con respecto a la variable Necrosis avascular del astrágalo se encontró una frecuencia a los 3 meses de 5 presentes (23.8%) y 16 ausentes (76.2). (Ver Tabla 8 y Gráfica 8).

Tabla 8: Frecuencia y porcentaje de presencia o ausencia de Necrosis avascular de astrágalo a los 3 meses.

NECROSIS AVASCULAR DEL ASTRÁGALO A LOS 3 MESES	Frecuencia	Porcentaje
AUSENTE	16	76.2
PRESENTE	5	23.8
Total	21	100.0

Gráfica 8: Porcentaje de presencia o ausencia de Necrosis avascular del astrágalo a los 3 meses.

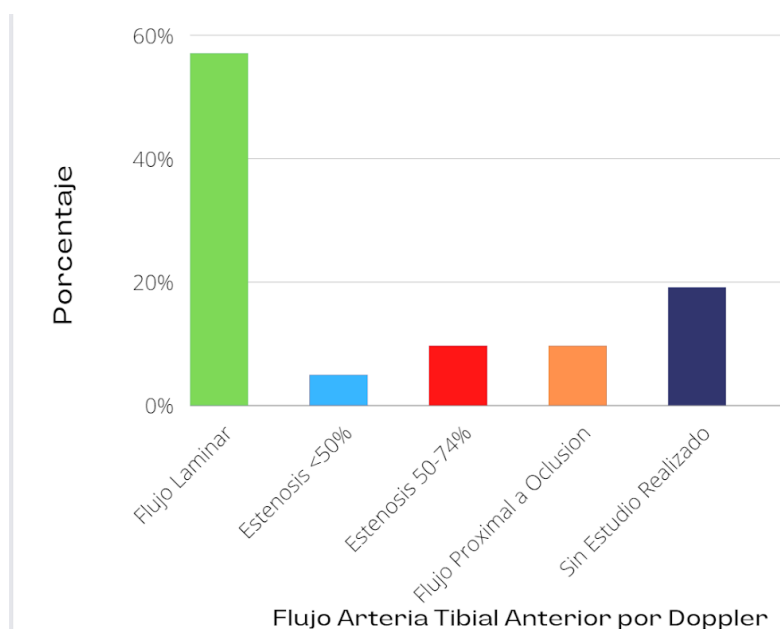


Con respecto a la variable Doppler prequirúrgico de la arteria tibial anterior se encontró una frecuencia de flujo laminar en 12 ocasiones (57.1%), una estenosis menor al 50% en 1 ocasión (4.8%), estenosis del 50 al 74% en 2 ocasiones (9.5%), se encontró flujo periférico proximal a oclusión en 2 ocasiones (9.5%), y en 4 pacientes no se realizó estudio prequirúrgico (19%). (ver tabla 9, Gráfica 9).

Tabla 9: Frecuencia y porcentaje de flujo en estudio Doppler prequirúrgico de la arteria tibial anterior.

DOPPLER PREQUIRÚRGICO DE LA ARTERIA TIBIAL ANTERIOR	Frecuencia	Porcentaje
FLUJO LAMINAR	12	57.1
ESTENOSIS <50%	1	4.8
ESTENOSIS DEL 50-74%	2	9.5
PROXIMAL A LA OCLUSIÓN	2	9.5
SIN ESTUDIO REALIZADO	4	19.0
Total	21	100.0

Gráfica 9: Porcentaje de flujo en estudio Doppler prequirúrgico de la arteria tibial anterior.

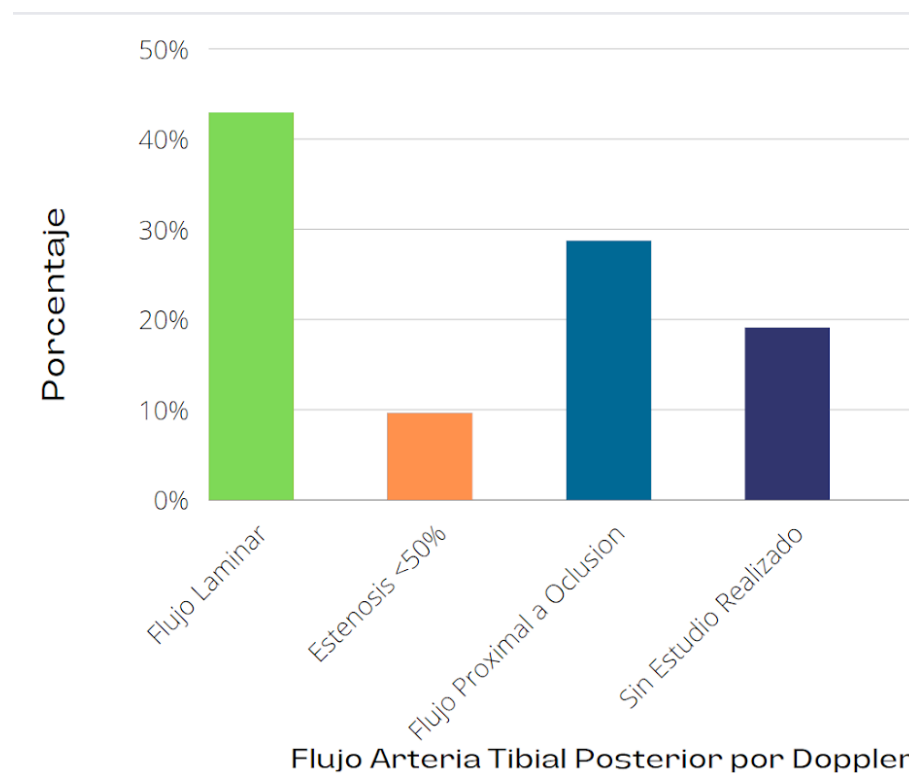


Con respecto a la variable Doppler prequirúrgico de la arteria tibial Posterior se encontró una frecuencia de flujo laminar en 9 ocasiones (42.9%), una estenosis menor al 50% en 2 ocasiones (9.5%), se encontró flujo periférico proximal a oclusión en 6 ocasiones (28.6%), y en 4 pacientes no se realizó estudio prequirúrgico (19%). (ver tabla 10, Gráfica 10).

Tabla 10: Frecuencia y porcentaje de flujo en estudio Doppler prequirúrgico de la arteria tibial posterior.

DOPPLER PREQUIRÚRGICO DE LA ARTERIA TIBIAL POSTERIOR	Frecuencia	Porcentaje
FLUJO LAMINAR	9	42.9
ESTENOSIS <50%	2	9.5
PROXIMAL A LA OCLUSIÓN	6	28.6
SIN ESTUDIO REALIZADO	4	19.0
Total	21	100.0

Gráfica 10: Porcentaje de flujo en estudio Doppler prequirúrgico de la arteria tibial posterior.

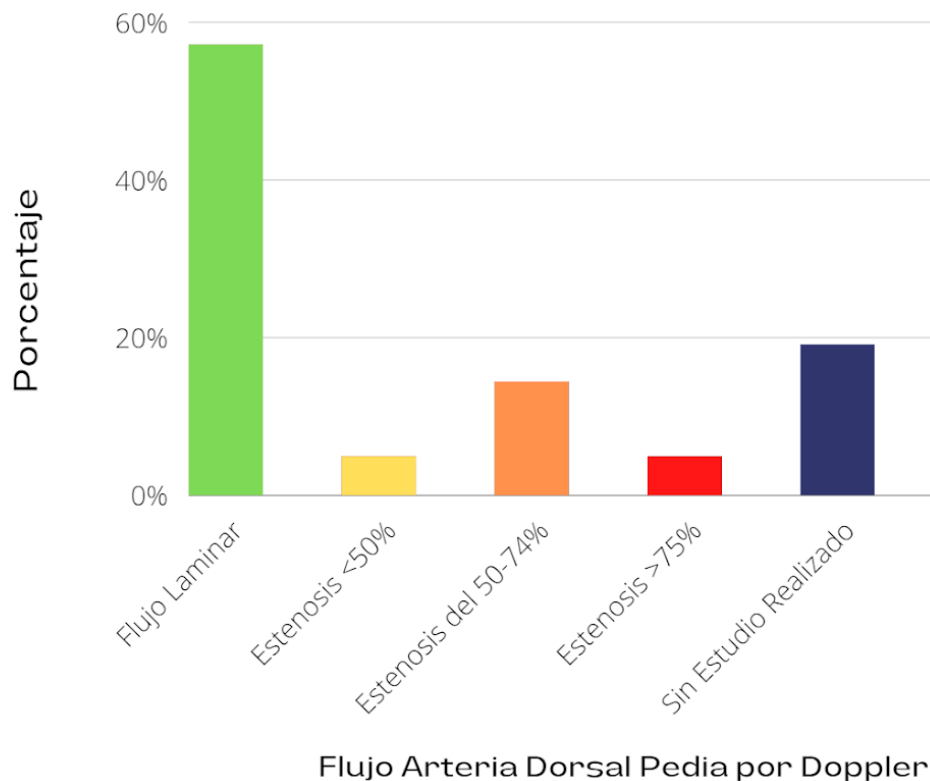


Con respecto a la variable Doppler prequirúrgico de la arteria Dorsal Pedia se encontró una frecuencia de flujo laminar en 12 ocasiones (57.1%), una estenosis menor al 50% en 1 ocasión (4.8%), estenosis del 50 al 74% en 3 ocasiones (14.3%), Estenosis mayor al 75% en 1 ocasión (4.8%) y en 4 pacientes no se realizó estudio prequirúrgico (19%). (ver tabla 11, Gráfica 11).

Tabla 11: Frecuencia y Porcentaje de flujo en estudio Doppler prequirúrgico de la arteria dorsal pedia.

DOPPLER PREQUIRÚRGICO DE LA ARTERIA DORSAL PEDIA	Frecuencia	Porcentaje
FLUJO LAMINAR	12	57.1
ESTENOSIS <50%	1	4.8
ESTENOSIS DEL 50-74%	3	14.3
ESTENOSIS >75%	1	4.8
SIN ESTUDIO REALIZADO	4	19.0
Total	21	100.0

Gráfica 11: Porcentaje de flujo en estudio Doppler prequirúrgico de la arteria dorsal pedia.

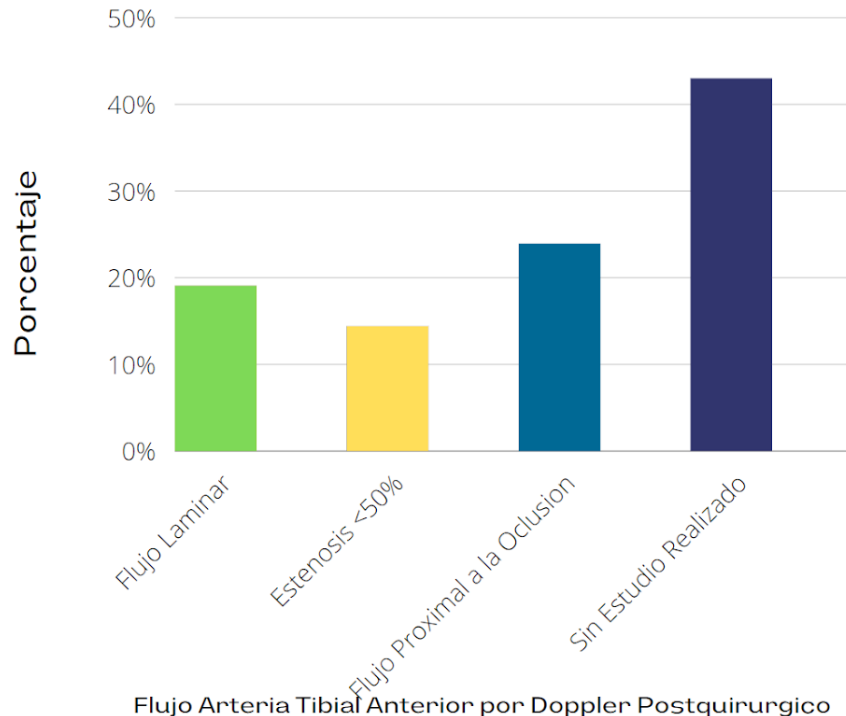


Con respecto a la variable Doppler postquirúrgico a los 3 meses de la arteria tibial anterior se encontró una frecuencia de flujo laminar en 4 ocasiones (19%), una estenosis menor al 50% en 3 ocasión (14.3%), se encontró flujo periférico proximal a oclusión en 5 ocasiones (23.8%), y en 9 pacientes no se realizó estudio postquirúrgico (42.9%). (ver tabla 12, Gráfica 12).

Tabla 12: Frecuencia y porcentaje de flujo en estudio Doppler Postquirúrgico a los 3 meses de la arteria tibial anterior.

DOPPLER POSTQUIRÚRGICO A LOS 3 MESES DE LA ARTERIA TIBIAL ANTERIOR		Frecuencia	Porcentaje
Válido	FLUJO LAMINAR	4	19.0
	ESTENOSIS <50%	3	14.3
	PROXIMAL A LA OCLUSIÓN	5	23.8
	SIN ESTUDIO REALIZADO	9	42.9
	Total	21	100.0

Gráfica 12: Porcentaje de flujo en estudio Doppler Postquirúrgico a los 3 meses de la arteria tibial anterior.

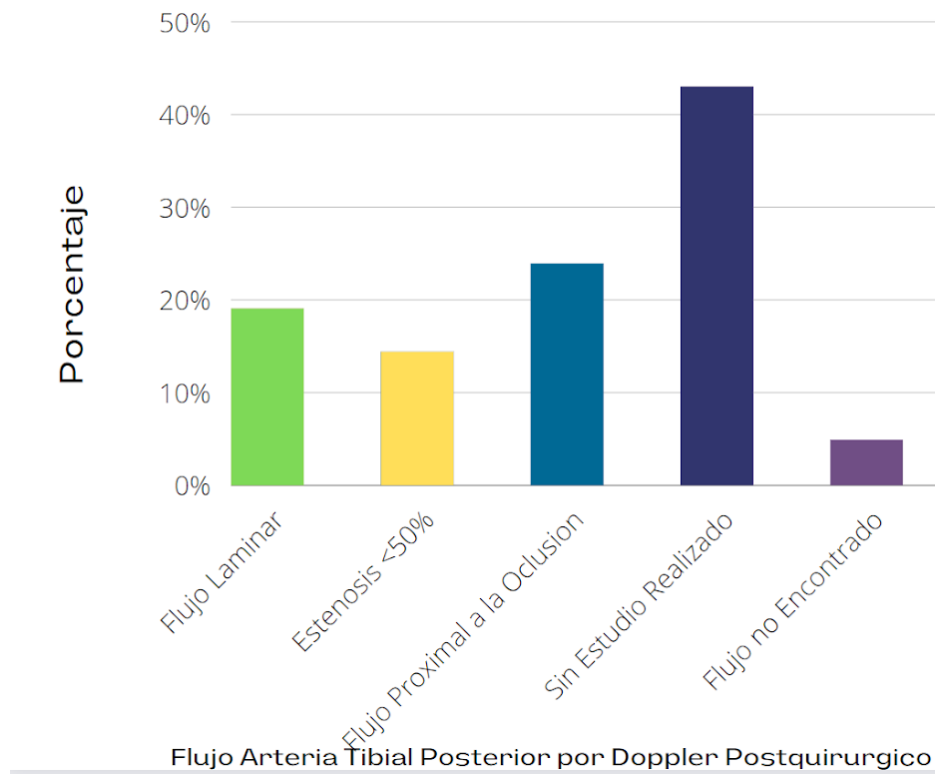


Con respecto a la variable Doppler postquirúrgico a los 3 meses de la arteria tibial posterior se encontró una frecuencia de flujo laminar en 5 ocasiones (23.8%), una estenosis menor al 50% en 1 ocasión (4.8%), estenosis del 50 al 74% en 1 ocasión (4.8%) se encontró flujo periférico proximal a oclusión en 4 ocasiones (19%), en 1 paciente no se encontró el flujo arterial ((4.8%), en 9 pacientes no se realizó estudio postquirúrgico (42.8%). (ver tabla 13, Gráfica 13).

Tabla 13: Frecuencia y porcentaje de flujo en estudio Doppler Postquirúrgico a los 3 meses de la arteria tibial posterior.

DOPPLER POSTQUIRÚRGICO A LOS 3 MESES DE LA ARTERIA TIBIAL POSTERIOR		Frecuencia	Porcentaje
Válido	FLUJO LAMINAR	5	23.8
	ESTENOSIS <50%	1	4.8
	ESTENOSIS DEL 50-74%	1	4.8
	PROXIMAL A LA OCLUSIÓN	4	19.0
	FLUJO NO ENCONTRADO	1	4.8
	SIN ESTUDIO REALIZADO	9	42.8
	Total	21	100.0

Gráfica 13: Porcentaje de flujo en estudio Doppler Postquirúrgico a los 3 meses de la arteria tibial posterior.



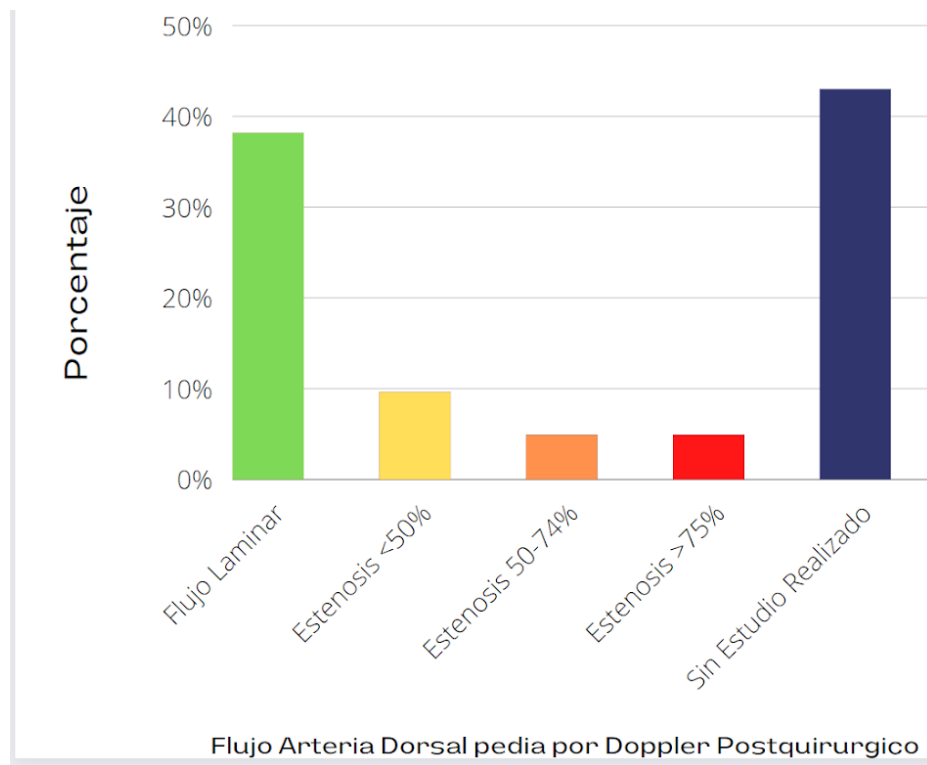
Con respecto a la variable Doppler postquirúrgico a los 3 meses de la arteria dorsal pedia se encontró una frecuencia de flujo laminar en 8 ocasiones (38.1%), una estenosis menor al 50% en 2 ocasiones (9.5%), estenosis del 50 al 74% en 1 ocasión (4.8), estenosis de más de 75% en 1 ocasión (4.8%) y en 9 pacientes no se realizó estudio postquirúrgico (42.9%). (ver tabla 14, Gráfica 14).



Tabla 14: Frecuencia y Porcentaje de flujo en estudio Doppler Postquirúrgico a los 3 meses de la arteria dorsal pedia.

DOPPLER POSTQUIRÚRGICO A LOS 3 MESES DE LA ARTERIA DORSAL PEDIA	Frecuencia	Porcentaje
FLUJO LAMINAR	8	38.1
ESTENOSIS <50%	2	9.5
ESTENOSIS DEL 50-74%	1	4.8
ESTENOSIS >75%	1	4.8
SIN ESTUDIO REALIZADO	9	42.9
Total	21	100.0

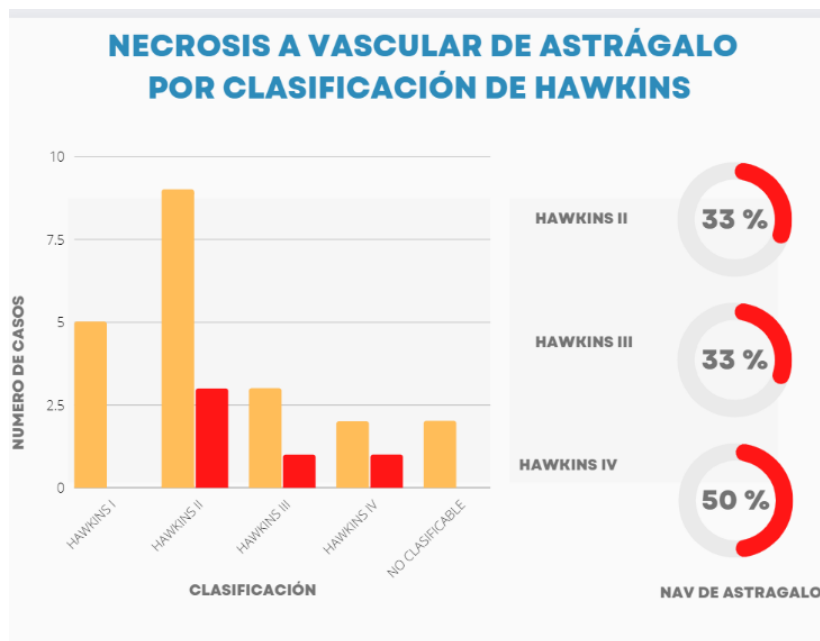
Gráfica 14: Porcentaje de flujo en estudio Doppler Postquirúrgico a los 3 meses de la arteria dorsal pedia.



## Resultados Bivariados

Se realizó frecuencia y porcentaje de los 21 pacientes que presentaron fractura de astrágalo de los cuales 5 de ellos (23%) presentaron necrosis avascular a los 3 meses por lo que se realizó porcentaje por tipo de clasificación en lo que se encontró que de los 5 pacientes con fractura tipo Hawkins I, 0 presentaron necrosis (0%), de los 9 pacientes con fractura tipo Hawkins II, 3 de ellos presentaron necrosis avascular (33.33%), de los 3 pacientes que presentaron fractura de astrágalo tipo Hawkins tipo III, 1 presentó necrosis avascular (33.33%), de los 2 pacientes con fractura tipo Hawkins IV, 1 presentó necrosis avascular (50%), de los pacientes que presentaron fracturas no clasificables por Hawkins ninguno presentó necrosis avascular a los 3 meses (0%). (ver gráfica 15)

Gráfica 15: Frecuencia y Porcentaje de Necrosis avascular del astrágalo por clasificación de Hawkins



Se realizó cruce de variables con tipo de abordaje y necrosis de astrágalo a los 3 meses en un total de 21 pacientes encontrando que a 4 se les realizó abordaje abierto único y ninguno de ellos presentó necrosis del astrágalo; de los 4 pacientes en los que se realizó abordaje abierto doble 3 de ellos sufrieron necrosis avascular del astrágalo a los 3 meses, de los 2 pacientes que se trataron con abordaje percutáneo ninguno de ellos progreso a necrosis del astrágalo; de los 11 pacientes en los que se dio tratamiento conservador 2 de ellos evolucionan a necrosis avascular del astrágalo a los 3 meses (Ver tabla 15). Se realizó la prueba de chi cuadrada con un valor de significación asintótica de 0.049 la cual es estadísticamente significativa.

Tabla 15: tabla cruzada tipo de abordaje x necrosis avascular del astrágalo a los 3 meses.

		NECROSIS A LOS 3 MESES		Total
		AUSENTE	PRESENTE	
TIPO DE ABORDAJE	ABIERTO ÚNICO	4	0	4
	ABIERTO DOBLE	1	3	4
	PERCUTÁNEO	2	0	2
	CONSERVADOR	9	2	11
Total		16	5	21
	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)	
Chi-cuadrado	7.845	3	.049	

Se realizó cruce de variables tipo de fractura de astrágalo clasificado por Hawkins con necrosis avascular de astrágalos a los 3 meses de 21 pacientes encontrando clasificación Hawkins tipo I en 5 pacientes de los cuales ninguno presentó necrosis, Hawkins tipo II en 9 pacientes de los cuales 3 presentaron necrosis avascular del astrágalo a los 3 meses, Hawkins tipo III en 3 pacientes de los cuales 1 presentó necrosis a los 3 meses, Hawkins tipo IV en 2 pacientes de los cuales 1 presentó necrosis a los 3 meses y 2 pacientes presentaron fracturas de astrágalo no clasificable por Hawkins de los cuales ninguno presentó necrosis de astrágalo a los 3 meses. Se realizó la prueba de chi cuadrada de Pearson con un resultado de significación asintótica de 0.471 (no estadísticamente significativo).

Se realizó cruce de variables tiempo de evolución en recibir tratamiento y la variable necrosis avascular del astrágalo a los 3 meses de 21 pacientes encontrando que 8 pacientes recibieron tratamiento a los días de presentar su fractura de los cuales 1 presentó necrosis avascular de astrágalo a los 3 meses. 10 pacientes recibieron tratamiento a las semanas de los cuales 2 presentaron necrosis avascular a los 3 meses. 3 pacientes recibieron tratamiento a los meses de presentar su fractura de los cuales 2 presentaron necrosis avascular del astrágalo a los 3 meses. Se realizó la prueba de Chi cuadrada de Pearson con un resultado de significación asintótica de 0.159 (no estadísticamente significativo).

Se realizó cruce de variables Necrosis avascular de astrágalo a los 3 meses y la variable Doppler Prequirúrgico de la arteria tibial anterior de 21 pacientes encontrando que de los 5 pacientes que presentaron necrosis 0 tuvieron Flujo laminar en el Doppler prequirúrgico, 1 tuvo estenosis menor a 50%, 0 tuvieron estenosis de 50 a 74%, 1 presento flujo proximal a la oclusión, y a 3 no se les realizó estudio Doppler prequirúrgico. De los 16 pacientes que no presentaron necrosis a los 3 meses 12 presentaron flujo laminar, 0 presentaron estenosis menor a 50%, 2 presentaron estenosis entre 50 y 74%, 1 presento flujo proximal a la oclusión y a 1 no se le realizó Doppler prequirúrgico. (Ver tabla 16) Se realizó la prueba de Chi cuadrada con un resultado de significación asintótica de 0.007 (Estadísticamente significativo).

Tabla 16: tabla cruzada necrosis avascular del astrágalo a los 3 meses x Doppler prequirúrgico de la arteria tibial anterior.

		DOPPLER PREQUIRÚRGICO ARTERIA TIBIAL ANTERIOR					Total
		FLUJO LAMINAR	ESTENOSIS <50%	ESTENOSIS DEL 50-74%	PROXIMAL A LA OCLUSIÓN	SIN ESTUDIO REALIZADO	
NECROSIS A LOS 3 MESES	AUSENTE	12	0	2	1	1	16
	PRESENTE	0	1	0	1	3	5
Total		12	1	2	2	4	21
Valor		df	Significación asintótica (bilateral)				
Chi-cuadrado	14.109	4	.007				

Se realizó cruce de variables Necrosis avascular de astrágalo a los 3 meses y la variable Doppler Prequirúrgico de la arteria tibial Posterior de 21 pacientes encontrando que de los 5 pacientes que presentaron necrosis 0 tuvieron Flujo laminar en el Doppler prequirúrgico, 1 tuvo estenosis menor a 50%, 0 tuvieron estenosis de 50 a 74%, 1 presento flujo proximal a la oclusión, y a 3 no se les realizó estudio Doppler prequirúrgico. De los 16 pacientes que no presentaron necrosis a los 3 meses 9 presentaron flujo laminar, 1 presentó estenosis menor a 50%, 0 presentaron estenosis entre 50 y 74%, 1 presento flujo proximal a la oclusión y a 1 no se le realizó Doppler prequirúrgico. (Ver tabla 17) Se realizó la prueba de Chi cuadrada con un resultado de significación asintótica de 0.023 (estadísticamente significativo).

Tabla 17: Tabla cruzada necrosis avascular del astrágalo a los 3 meses x Doppler prequirúrgico de la arteria tibial posterior.

		DOPPLER PREQUIRÚRGICO ARTERIA TIBIAL POSTERIOR				Total
		FLUJO LAMINAR	ESTENOSIS <50%	PROXIMAL A LA OCLUSIÓN	SIN ESTUDIO REALIZADO	
NECROSIS A LOS 3 MESES	AUSENTE	9	1	5	1	16
	PRESENTE	0	1	1	3	5
Total		9	2	6	4	21
			Significación asintótica (bilateral)			
Chi-cuadrado	Valor	df				
	9.516	3	.023			

Se realizó cruce de variables Necrosis avascular de astrágalo a los 3 meses y la variable Doppler Prequirúrgico de la arteria Dorsal Pedia de 21 pacientes encontrando que de los 5 pacientes que presentaron necrosis 0 tuvieron Flujo laminar en el Doppler prequirúrgico, 0 tuvo estenosis menor a 50%, 1 tuvo estenosis de 50 a 74%, 1 tuvo estenosis de más de 75%, y a 3 no se les realizó estudio Doppler prequirúrgico. De los 16 pacientes que no presentaron necrosis a los 3 meses 12 presentaron flujo laminar, 1 presentó estenosis menor a 50%, 2 presentaron estenosis entre 50 y 74%, 0 presentaron estenosis mayor a 75% y a 1 no se le realizó Doppler prequirúrgico. (Ver tabla 18) Se realizó la prueba de Chi cuadrada con un resultado de significación asintótica de 0.010 (estadísticamente significativo).

Tabla 18: Tabla cruzada necrosis avascular del astrágalo a los 3 meses x Doppler prequirúrgico de la arteria dorsal pedia.

		DOPPLER PREQUIRÚRGICO ARTERIA DORSAL PEDIA					Total
		FLUJO LAMINAR	ESTENOSIS <50%	ESTENOSIS DEL 50-74%	ESTENOSIS >75%	SIN ESTUDIO REALIZADO	
NECROSIS A LOS 3 MESES	AUSENTE	12	1	2	0	1	16
	PRESENTE	0	0	1	1	3	5
Total		12	1	3	1	4	21
	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)				
Chi-cuadrado	13.191	4	.010				

Se realizó cruce de variables Necrosis avascular de astrágalo a los 3 meses y la variable Doppler Postquirúrgico de la arteria tibial anterior de 21 pacientes encontrando que de los 5 pacientes que presentaron necrosis 0 tuvieron Flujo laminar en el Doppler postquirúrgico, 3 tuvieron estenosis menor a 50%, 0 tuvieron estenosis de 50 a 74%, 1 presento flujo proximal a la oclusión, y a 1 no se le realizó estudio Doppler postquirúrgico. De los 16 pacientes que no presentaron necrosis a los 3 meses 4 presentaron flujo laminar, 0 presentaron estenosis menor a 50%, 0 presentaron estenosis entre 50 y 74%, 4 presento flujo proximal a la oclusión y a 8 no se les realizaron Doppler postquirúrgico. (Ver tabla 19) Se realizó la prueba de Chi cuadrada con un resultado de significación asintótica de 0.009 (estadísticamente significativo).

Tabla 19: tabla cruzada necrosis avascular del astrágalo a los 3 meses x Doppler postquirúrgico de la arteria tibial anterior.

		DOPPLER POSTQUIRÚRGICO A LOS 3 MESES ARTERIA TIBIAL ANTERIOR				Total
		FLUJO LAMINAR	ESTENOSIS <50%	PROXIMAL A LA OCLUSIÓN	SIN ESTUDIO REALIZADO	
NECROSIS A LOS 3 MESES	AUSENTE	4	0	4	8	16
	PRESENTE	0	3	1	1	5
Total		4	3	5	9	21
Chi-cuadrado		Valor	df	Significación asintótica (bilateral)		
		11.690	3	.009		



Se realizó cruce de variables Necrosis avascular de astrágalo a los 3 meses y la variable Doppler Postquirúrgico de la arteria tibial posterior de 21 pacientes encontrando que de los 5 pacientes que presentaron necrosis 0 tuvieron Flujo laminar en el Doppler postquirúrgico, 0 tuvieron estenosis menor a 50%, 1 tuvo estenosis de 50 a 74%, 2 presentaron flujo proximal a la oclusión, a 1 no se le encontró flujo de la arteria tibial posterior y a 1 no se le realizó estudio Doppler postquirúrgico. De los 16 pacientes que no presentaron necrosis a los 3 meses 5 presentaron flujo laminar, 1 presentó estenosis menor a 50%, 0 presentaron estenosis entre 50 y 74%, 2 presentaron flujo proximal a la oclusión, y a 8 no se les realizaron Doppler postquirúrgico. Se realizó la prueba de Chi cuadrada de Pearson con un resultado de significación asintótica de 0.155 (no estadísticamente significativo).

Se realizó cruce de variables Necrosis avascular de astrágalo a los 3 meses y la variable Doppler Postquirúrgico de la arteria dorsal pedia de 21 pacientes encontrando que de los 5 pacientes que presentaron necrosis 1 tuvo Flujo laminar en el Doppler postquirúrgico, 2 tuvieron estenosis menor a 50%, 0 tuvieron estenosis de 50 a 74%, 1 tuvo estenosis mayor a 75%, y a 1 no se le realizó estudio Doppler postquirúrgico. De los 16 pacientes que no presentaron necrosis a los 3 meses 7 presentaron flujo laminar, 0 presentaron estenosis menor a 50%, 1 presentó estenosis entre 50 y 74%, 0 presentaron estenosis más de 75% y a 8 no se les realizaron Doppler postquirúrgico. (Ver tabla 20) Se realizó la prueba de Chi cuadrada con un resultado de significación asintótica de 0.024 (estadísticamente significativo).

Tabla 20: Tabla cruzada necrosis avascular del astrágalo a los 3 meses x Doppler postquirúrgico de la arteria dorsal pedia.

		DOPPLER POSTQUIRÚRGICO A LOS 3 MESES ARTERIA DORSAL PEDIA					SIN ESTUDI O REALIZA DO	Tot al
		FLUJO LAMIN AR	ESTENO SIS <50%	ESTENOSI S DEL 50- 74%	ESTENO SIS >75%			
NECRO SIS A LOS 3 MESES	AUSEN TE	7	0	1	0	8	16	
	PRESEN TE	1	2	0	1	1	5	
Total		8	2	1	1	9	21	
			Significac ión asintótica (bilateral)					
	Valor	df						
Chi- cuadrad o	11.277	4	.024					

Se realizó cruce de variable entre la tipo de fractura de astrágalo por clasificación de Hawkins y los resultados de velocidad pico sistólico por ultrasonido doppler de la arteria tibial anterior, arteria tibial posterior y arteria dorsal pedia pre y postquirúrgico con una relación por chi cuadrada de 0.848, 0.247, 0.826, 0.175, 0.769, 0.204 respectivamente siendo no estadísticamente significativo.

## 10. Discusión

En esta revisión se estudiaron 21 pacientes con fractura de astrágalo a los cuales se les realizó ultrasonido Doppler color prequirúrgico y/o postquirúrgico de la arteria tibial anterior, arteria tibial posterior y arteria dorsal pedia, se tomó en cuenta el tiempo en recibir tratamiento, si el tratamiento fue quirúrgico o conservador, el tipo de abordaje y fijación, y si presentó necrosis avascular a los 3 meses diagnosticada por estudios de imagen como radiografía, tomografía o resonancia magnética.

Revisando la bibliografía observamos que en la mayoría de artículos el sexo predominantemente afectado es el masculino y que la edad media es de aproximadamente 30 años, en nuestro caso 85% de las fracturas fue en hombres (66.7%) y edad media de 42 años.<sup>[1, 2, 11, 12, 13, 19, 20]</sup>

De acuerdo a Sierra, P,<sup>[24]</sup> se indicó que la alta incidencia de necrosis avascular del astrágalo posterior a un traumatismo se debe a la interrupción de la circulación intraósea causada por la compresión y conminución del hueso en el momento del impacto, además de la desinserción de los tejidos blandos que llegan conjuntamente con el aporte vascular; concordando con este estudio encontramos que al realizar tratamiento quirúrgico abierto con doble abordaje así como en los pacientes que recibieron manejo conservador se presentó mayor incidencia de necrosis avascular con una relación estadísticamente significativa.

Pearson y Goldie<sup>[25]</sup>, documentaron experimentalmente que la incidencia de necrosis aséptica aumenta con los grados crecientes de desplazamiento, así como la clasificación de Hawkins para las fracturas de cuello astragalino mencionado por Dawn H. Pearce<sup>[2]</sup> mostrando una necrosis de astrágalo en las fracturas tipo Hawkins I en 0-15%, Hawkins tipo II del 20-50%, Hawkins III se complican a la necrosis en cerca del 100%, y las tipo IV presentan necrosis en el 100% de los casos. A diferencia este estudio se encontró que las fracturas tipo Hawkins I no presentaron necrosis (0%), las Hawkins tipo II presentaron 33.33% de necrosis (3 NAV de 9 pacientes), Hawkins III presentaron necrosis en 33.33% (1 NAV de 3 pacientes) y las Hawkins tipo IV presentaron necrosis en 50% (1 NAV de 2 pacientes).

T Jaime L. Bellamy, <sup>[26]</sup> concuerda con estudios previos en los que no se encontró correlación con respecto al momento de fijación y desarrollo de necrosis avascular del astrágalo, de la misma manera en nuestro estudio no se encontró relación estadísticamente significativa entre el tiempo en recibir tratamiento y el desarrollo de necrosis avascular del astrágalo, cabe mencionar que hubo 2 pacientes los cuales recibieron tratamiento a los meses de presentar su fractura.

ARH Ferrerira,<sup>[17]</sup> encontró una alta frecuencia de lesiones vasculares diagnosticadas por eco-Doppler color en pacientes con fractura-luxación del astrágalo, y no fue posible demostrar una relación entre este hallazgo y la progresión de este hueso a la necrosis, a diferencia en este estudio se encontró una relación entre las alteraciones vasculares de la arteria tibial anterior y la arteria dorsal pedia por Doppler y la progresión a la necrosis avascular del astrágalo con una relación estadísticamente significativa , mientras que las alteraciones de flujo de la arteria tibial posterior no tuvo una relación estadísticamente significativa con la progresión a necrosis avascular.

Es importante mencionar que la presencia de edema de la extremidad pélvica puede alterar los valores de flujo vascular por lo que se deben manejar medidas antiedema así como ejercicios de rehabilitación temprana en todo paciente sometido a este estudio.

## 11. Conclusión

En este estudio se encontró que de los 21 pacientes estudiados 5 presentaron necrosis avascular del astrágalo de los cuales 3 fueron hawkins tipo II, 1 tipo Hawkins III y 1 tipo Hawkins IV sin existir relación estadísticamente significativa entre el tipo de fractura y la progresión a necrosis avascular del astrágalo.

Se encontró que no existe relación significativa entre el tipo de fractura y los cambios arteriales detectados por ultrasonido doppler pre y postquirúrgico de las arterias tibial anterior, tibial posterior y dorsal pedia.

Se encontró que no existe relación significativa entre el tiempo de espera en recibir tratamiento y la progresión a necrosis avascular del astrágalo

Se encontró una relación estadísticamente significativa entre el tipo de tratamiento y abordaje quirúrgico con la progresión a necrosis avascular del astrágalo siendo la reducción abierta fijación interna con tornillos simples con abordaje doble así como la reducción cerrada con fijadores externos y el tratamiento conservador los cuales presentan mayor riesgo de progresar a necrosis avascular, por lo que se recomienda realizar reducción abierta fijación interna con abordaje único o reducción cerrada fijación percutánea con tornillos canulados o clavillos.

Se encontró que existe una relación estadísticamente significativa entre las alteraciones hemodinámicas arteriales de la arteria tibial anterior, tibial posterior y dorsal pedia por doppler prequirúrgico y postquirúrgico ( a excepción de la arteria tibial posterior la cual no resultó estadísticamente significativa) y la progresión a necrosis avascular del astrágalo. por lo que se recomienda realizar este estudio como método para predecir la progresión a necrosis del astrágalo.

## 12. Referencias

- [1] Ladero, F., & Concejero, V. (2004). Fracturas del astrágalo. *Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología*, 48(2), 145-156
- [2] Pearce, D. H., Mongiardi, C. N., Fornasier, V. L., & Daniels, T. R. (2005). Avascular Necrosis of the Talus: A Pictorial Essay. *RadioGraphics*, 25(2), 399–410.
- [3] Bonnel, F., Mabit, C., & Tourné, Y. (2016). Anatomía y biomecánica de la articulación talocrural. *EMC - Podología*, 18(2), 1–15.
- [4] Bonnel F. Anatomy of the forefoot. En: Cahiers d'enseignement de la SOFCOT n°60. Paris: Expansion Scientifique Française; 19971–19.
- [5] Mulfinger, G. L., & Trueta, J. (1970). The blood supply of the talus. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 52(1), 160-167.
- [6] A. Bennett Wilson Jr, The O&P Virtual Library, Ortesica Del Miembro Inferior
- [7] VOEGELI, A. V. ANATOMÍA FUNCIONAL Y BIOMECÁNICA DEL ASTRÁGALO.
- [8] Voegeli, A. V. (2003). Anatomía funcional y biomecánica del tobillo y el pie. *Revista española de reumatología*, 30(09).
- [9] Gutiérrez, J. M. (2000). Atlas de mediciones radiográficas en ortopedia y traumatología . McGraw Hill Interamericana.
- [10] Secot. (2010). Manual de cirugía ortopédica y traumatología/Manual of Orthopedic and Traumatology Surgery (Vol. 2). Ed. Médica Panamericana.



- [11] Ebraheim, N. A., Skie, M. C., Podeszwa, D. A., & Jackson, W. T. (1994). Evaluation of Process Fractures of the Talus Using Computed Tomography. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 8(4), 332– 337.
- [12] Caracchini, G., Pietragalla, M., De Renzis, A., Galluzzo, M., Carbone, M., Zappia, M., ... & Miele, V. (2018). Talar fractures: radiological and CT evaluation and classification systems. *Acta Bio Medica: Atenei Parmensis*, 89(Suppl 1), 151.
- [13] Melenevsky, Y., Mackey, R. A., Abrahams, R. B., & Thomson III, N. B. (2015). Talar fractures and dislocations: a radiologist's guide to timely diagnosis and classification. *Radiographics*, 35(3), 765-779.
- [14] Palomeque, J. R. S., & Loyola, R. S. (2011). Ultrasonido Doppler de miembros pélvicos en la insuficiencia arterial crónica: lo que el radiólogo debe reportar. In *Anales de Radiología, México* (Vol. 10, No. 3, pp. 174-178).
- [15] Taneva, G. T., Bermejillo, C. B., Díaz, A. A., García, A. G., Bravo, J. F., & Martínez, C. A. (2018). Velocidades tibiales por ecografía Doppler y validez del índice tobillo-profunda en la enfermedad arterial periférica. *Angiología*, 70(4), 163-168.
- [16] Fronek, A., Coel, M., & Berstein, E. F. (1976). Quantitative ultrasonographic studies of lower extremity flow velocities in health and disease. *Circulation*, 53(6), 957-960.
- [17] Ferreira, A. R. H., dos Santos Barroco, R., de Freitas, Á. D. P., de Miranda, B. R., de Oliveira, L. Z. P., & Ghani, M. B. A. (2018). Association between vascular injury identified via echo-Doppler examination and talus fracture-dislocation. *Scientific Journal of the Foot & Ankle*, 12(2), 84-89.

- [18] Utrilla, A. L., & López-Prats, F. (2007). Consideraciones anatómicas, mecanismos y valoración de resultados en las fracturas de astrágalo. *Revista de Ortopedia y Traumatología*, 51, 31-40.
- [19] Morales-Suárez, C. J., Reyes-Gallardo, A., & López-Gavito, E. (2012). Luxación total del astrágalo: reporte de un caso, seguimiento a 15 meses y revisión de la literatura. *Acta Ortopédica Mexicana*, 26(1), 39- 44
- [20] Early, J. S. (2008). Talus fracture management. *Foot and ankle clinics*, 13(4), 635-657.
- [21] Domínguez, P. B., Herrero, S. N., Álvarez, A. P., Ruiz, J. C., Moreno, G. F., & Calero, A. L. Tratamiento y complicaciones de las fracturas y luxaciones del astrágalo.
- [22] Kim, E. S., Sharma, A. M., Scissons, R., Dawson, D., Eberhardt, R. T., Gerhard-Herman, M., ... & Zierler, R. E. (2020). Interpretation of peripheral arterial and venous Doppler waveforms: A consensus statement from the Society for Vascular Medicine and Society for Vascular Ultrasound. *Vascular Medicine*, 25(5), 484-506.
- [23] Gasca, L. G. D., & Villaseñor, S. L. O. (2017). Frecuencia y tipos de fracturas clasificadas por la Asociación para el Estudio de la Osteosíntesis en el Hospital General de León durante un año. *Acta medica grupo Ángeles*, 15(4), 275-286.
- [24] Sierra, P., Varaona, J., Parrottino, J., SOLARI, S. P., COMBES, A. S., Avila, L., & Druetto, A. (2000). Consecuencias vasculares del traumatismo astragalino: Estudio anatómico, clínico y angiográfico. *Rev. Asoc. Argent. Ortop. Traumatol*, 54-60.
- [25] Schatzker, J, Tile, M. (1998). Fracturas del astrágalo. Tratamiento quirúrgico de las fracturas. *Tobillo y Pie*, 2° ed., 23: 520-543.

[26] Bellamy, J. L., Keeling, J. J., Wenke, J., & Hsu, J. R. (2011). Does a longer delay in fixation of talus fractures cause osteonecrosis?. ARMY INST OF SURGICAL RESEARCH FORT SAM HOUSTON TX.

[27] Panetta, T. F., Hunt, J. P., Buechter, K. J., Pottmeyer, A., & Batti, J. S. (1992). Duplex ultrasonography versus arteriography in the diagnosis of arterial injury: an experimental study. *The Journal of trauma*, 33(4), 627-35.

#### BIBLIOGRAFIA

[a] Enrique Sánchez M. (2011). Tratamiento de las fracturas de pie en adultos. Instituto Mexicano de Seguro Social, 1, 36.

## 13. Anexos

### INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL DIRECCIÓN DE PRESTACIONES MÉDICAS COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN EN SALUD

#### Carta de consentimiento informado para adultos para participación en protocolos de Investigación

Lugar y fecha:	Ciudad de México, a _____ de _____ 20____
Título del protocolo:	RELACIÓN ENTRE LAS FRACTURAS DE ASTRAGALO Y LOS CAMBIOS HEMODINÁMICOS ARTERIALES PRE Y POSTQUIRÚRGICOS CONDICIONANTES DE NECROSIS AVASCULAR DE ASTRÁGALO EN PACIENTES DEL HOSPITAL GENERAL REGIONAL #2 GUILLERMO FAJARDO ORTIZ.
Folio	
Justificación y objetivo del estudio:	El investigador me ha informado que el presente estudio es necesario para determinar los hallazgos de imagen presentes en la fractura de astrágalo compatibles con la complicación de necrosis avascular del astrágalo  Estoy enterado se me realizara el estudio de imagen, radiografía, ultrasonido doppler, tomografía computada
Procedimientos:	
Posibles beneficios que recibirá al participar en el estudio:	Entiendo que en este momento yo no obtendré un beneficio específico, solamente que contribuirá a obtener conocimientos que puedan ayudar en el futuro a personas con mi enfermedad.
Posibles riesgos y molestias:	El responsable del trabajo me ha explicado que el estudio ultrasonido puede causar dolor en el sitio de fractura al estar presionando el transductor contra el pie
Información sobre resultados y alternativas de tratamiento:	Se me ha explicado que sobre mi enfermedad hay información que deberé recibir de mi médico tratante pero derivado de este estudio no hay alguna alternativa pues sólo tomarán datos de mi expediente o yo contestare preguntas.
Participación o retiro:	Sé que mi participación es voluntaria por lo que podré retirarme del estudio en el momento que yo desee sin que esto afecte la atención que recibo por parte del instituto.
Privacidad y confidencialidad:	Se me ha asegurado que no se mencionara mi nombre ni se me identificara de otras formas en este trabajo o cualquier otro derivado del mismo
Declaración de consentimiento:	

Después de haber leído y habiéndose me explicado todas mis dudas acerca de este estudios:

No acepto participar en el estudio.

Si acepto participar y que se tome la muestra solo para el estudio.

Si acepto participar y que se tome la muestra para este estudio y estudios futuros, conservando su sangre hasta por \_\_\_\_\_ años tras lo cual se destruirá la misma.

En caso de dudas o aclaraciones relacionadas con el estudio podrá dirigirse a:

**Investigador responsable:**

Vicente Olachea Infante Mat 97384147 HGR2 tel 6861584737

**Colaboradores**

Elisa Martínez Coria Mat 99385582

En caso de dudas o aclaraciones sobre sus derechos como participante podrá dirigirse a: Comité de Ética de e Investigación del Centro Médico Nacional Siglo XXI ( Avenida Cuauhtémoc 330, Colonia Doctores. CP 06720, Alcaldía Cuauhtémoc, Ciudad de México. Teléfono (55) 56 27 69 00 extensión 21230, correo electrónico: comiteeticainv.imss@gmail.com.

VICENTE OLACHEA INFANTE

Nombre y firma del participante

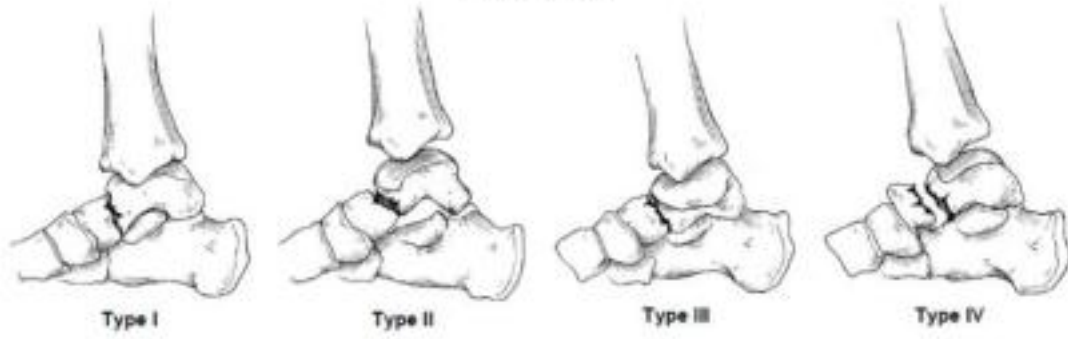
Nombre y firma de quien obtiene el consentimiento

Nombre, dirección, relación y firma  
Testigo 1

Nombre, dirección, relación y firma  
Testigo 2

2800-009-017

**CLASIFICACION DE HAWKINS MODIFICADA POR CANALE.  
DE LAS FRACTURAS DEL ASTRAGALO  
(FORTIN 2001)**



**CLASIFICACIÓN DE HAWKINS, SEGMENTO AISLADO.**



Berlet GC, Lee TH, Massa EG. Talar neck fractures. Orthop Clin North Am. 2003;32(1):53-64

[a]

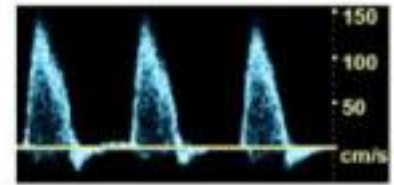
**Tabla 7.** Estado fisiopatológico de formas de onda arteriales periféricas anormales.

**Estado fisiopatológico y explicación**

Figura de forma de onda

**Arteria periférica: < Estenosis del 50% del diámetro**

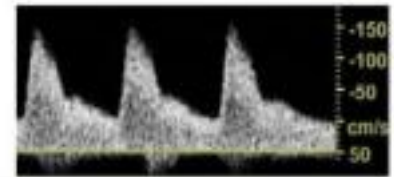
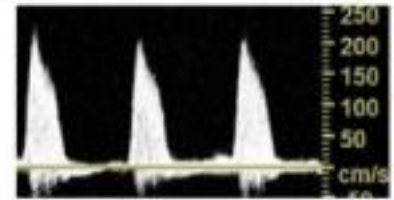
PSV aumenta ligeramente pero es menos del doble que en el segmento proximal adyacente normal (relación de velocidad < 2). «Por lo general, hay una forma de onda multifásica con un rápido ascenso y sin un aumento apreciable de la velocidad diastólica. El ensanchamiento espectral es pansistólico.



**Arteria periférica: estenosis de 50 a 74% de diámetro**

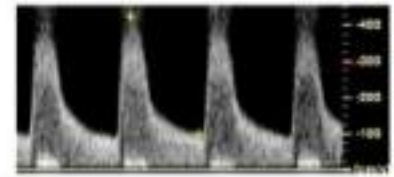
Cuando la luz de la arteria se estrecha significativamente, se presenta un gradiente de flujo de presión en el sitio estenótico. PSV aumenta en más del 100% (relación de velocidad > 2) en comparación con el segmento proximal adyacente normal.»

El componente de flujo inverso diastólico temprano suele perderse (puede ser residual) en un estado de alta velocidad con colateralización extensa) con un flujo anterógrado pandiastólico continuo en respuesta a la disminución de la resistencia vascular en el lecho tisular distal. El ensanchamiento espectral está presente.

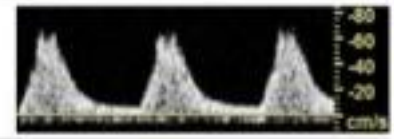


**Arteria periférica: > Estenosis de 75% de diámetro**

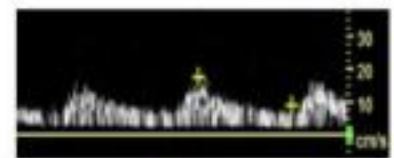
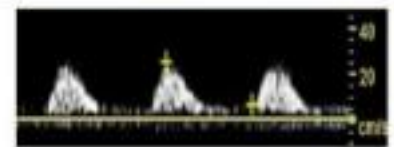
El estrechamiento arterial grave da como resultado un aumento de al menos cuatro veces en la PSV (relación de velocidad > 4) en comparación con el segmento adyacente proximal normal. La forma de onda es monofásica, la velocidad diastólica puede estar aumentada y comúnmente se observa un soplo espectral junto a la línea base de flujo cero.



**Arteria periférica: distal a la estenosis reductora de flujo** La forma de onda es monofásica con carrera ascendente prolongada y PSV disminuido. El ensanchamiento espectral está presente.

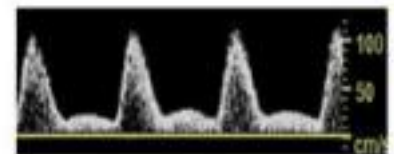


**Arteria periférica: distal a la oclusión** La forma de onda es amortiguada y monofásica.



**Arteria periférica: proximal a la oclusión**

En ausencia de estenosis que limite el flujo proximal al sitio de muestreo Doppler, la forma de onda se caracteriza por un rápido ascenso y puede ser de alta resistencia o de resistencia intermedia.



[22]

Figura: Ultrasonido doppler realizado de la arteria tibial posterior

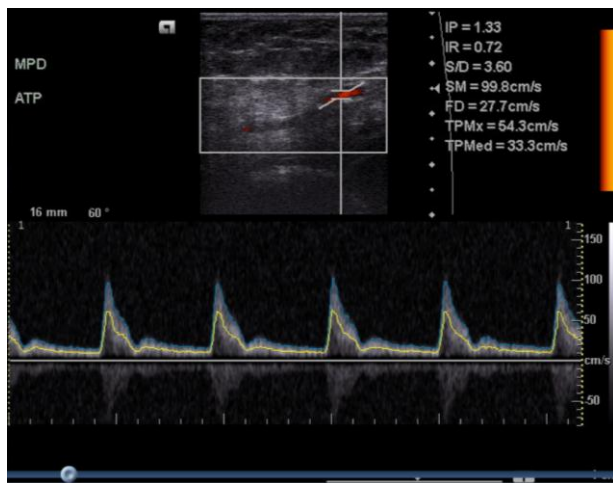


Figura: Ultrasonido doppler realizado de la arteria tibial anterior

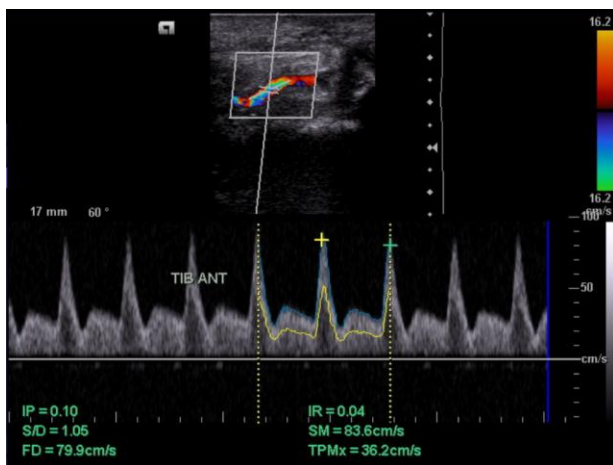


figura: Ultrasonido doppler realizado de la arteria dorsal pedia.

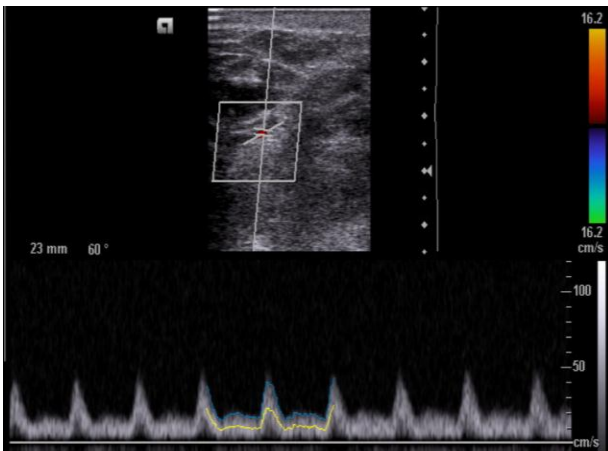


Imagen de tomografía computada con datos de necrosis avascular de astrágalo





Imagen: Radiografía simple de tobillo en el que se observan datos de necrosis de astrágalo.



Imagen: Radiografía de tobillo se observa necrosis de astrágalo y artrodesis de tobillo con clavo centromedular



# DICTAMEN DE APROBADO



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
DIRECCIÓN DE PRESTACIONES MÉDICAS



## Dictamen de Aprobado

Comité Local de Investigación en Salud **3701**,  
H GRAL ZONA NUM 1-A

Registro COFEPRIS **17 CI 09 014 056**  
Registro CONBIOÉTICA **CONBIOETICA 09 CEI 018 2018100**

FECHA **Miércoles, 01 de junio de 2022**

**Mtra. ELISA MARTÍNEZ CORIA**

**P R E S E N T E**

Tengo el agrado de notificarle, que el protocolo de investigación con título **RELACIÓN ENTRE LAS FRACTURAS DE ASTRÁGALO TIPO HAWKINS II Y LOS CAMBIOS HEMODINÁMICOS ARTERIALES PRE Y POSTQUIRÚRGICOS CONDICIONANTES DE NECROSIS AVASCULAR DE ASTRÁGALO EN PACIENTES DEL HOSPITAL GENERAL REGIONAL #2 "GUILLERMO FAJARDO ORTIZ"** que sometió a consideración para evaluación de este Comité, de acuerdo con las recomendaciones de sus integrantes y de los revisores, cumple con la calidad metodológica y los requerimientos de ética y de investigación, por lo que el dictamen es **A P R O B A D O**:

Número de Registro Institucional

R-2022-3701-031

De acuerdo a la normativa vigente, deberá presentar en junio de cada año un informe de seguimiento técnico acerca del desarrollo del protocolo a su cargo. Este dictamen tiene vigencia de un año, por lo que en caso de ser necesario, requerirá solicitar la reaprobación del Comité de Ética en Investigación, al término de la vigencia del mismo.

ATENTAMENTE

**Dra. MARIA DE LOURDES GONZALEZ HERNANDEZ**  
Presidente del Comité Local de Investigación en Salud No. 3701

Impresión

**IMSS**

SEGURIDAD Y SOLIDARIDAD SOCIAL