



Facultad de Veterinaria

Trabajo de  
Fin de Grado

Resolución de la fractura de  
tibiotarso en hubara asiática.  
Análisis comparativo y  
optimización de las técnicas

Abel Diz López

**Grado en Veterinaria**

Año 2024

Modalidad del Trabajo: Revisión bibliográfica



# ÍNDICE

1.-RESUMEN .....	5
2.-ABREVIATURAS .....	8
3.-INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....	9
3.1-La avutarda hubara asiática ( <i>Chlamydotis macqueeni</i> ).....	9
3.2- Hábitat y situación de conservación .....	11
4.-MATERIALES Y MÉTODOS .....	12
4.1-Fuentes de Información.....	12
4.2-Criterios de selección de estudios .....	12
4.2.1-Bases de datos consultadas .....	12
4.2.2-Criterios de inclusión y exclusión .....	12
4.3-Procedimiento de revisión.....	13
4.3.1-Evaluación de la anatomía del tibiotarso .....	13
4.3.2-Clasificación de fracturas.....	13
4.4-Técnicas quirúrgicas revisadas.....	13
4.5-Datos Propios y Observaciones .....	13
4.6-Análisis de Resultados .....	13
5.-EXPOSICIÓN DEL TEMA.....	14
5.1-Anatomía del tibiotarso.....	14
5.1.1-Osteología .....	14
5.1.2-Miología.....	17
5.1.3-Irrigación.....	19
5.1.4-Inervación .....	21
5.2-Tipos de fracturas de tibiotarso .....	23
5.3-Causas y distribución .....	26
5.4-Técnicas para la resolución de la fractura de tibiotarso .....	28
5.4.1-Coaptación externa.....	29
5.4.1.1- Férula Schroeder-Thomas modificada.....	30

5.4.1.2- <i>Férula cilíndrica con jeringuilla</i> .....	32
5.4.2-Técnicas quirúrgicas .....	33
5.4.2.1- <i>Anestesia en hubara</i> .....	33
5.4.2.2- <i>Clavo intramedular</i> .....	34
5.4.2.3- <i>Fijadores externos</i> .....	39
5.4.2.4- <i>Tie-in, fijador híbrido o TIF</i> .....	40
6.-CONCLUSIONES .....	45
7.-DISCUSIÓN .....	46
8.-BIBLIOGRAFÍA .....	46

# 1.-RESUMEN

El tibiotarso es uno de los huesos que se fractura con mayor frecuencia en aves, por lo que se ha elegido para este trabajo. La hubara asiática (*Chlamydotis macqueenii*), animal en estado vulnerable, es un pilar fundamental en la cultura árabe, por lo que es crucial resolver sus patologías recurrentes de manera exitosa. Para una correcta resolución es de vital importancia conocer en detalle la anatomía de la zona a tratar, así como las diferencias específicas de la especie. Por ello, en este TFG se estudia individualmente la osteología, miología, irrigación e inervación de la región tibiotarsiana de la hubara, obteniendo así un conocimiento anatómico detallado y descartando diferencias significativas con otras especies aviares. Para seleccionar la técnica más adecuada en cada caso es importante analizar individualmente el tipo de fractura. Resulta trascendental en la decisión si la fractura es abierta o cerrada, siendo esta última mucho más habitual y teniendo mejor pronóstico. Estructuralmente suelen ser transversas y oblicuas, pudiendo complicarse ambas con la presencia de fragmentos óseos. La localización proximal, medial o distal de la fractura es también muy relevante a la hora del abordaje. Las técnicas de ortopedia para su resolución se dividen en dos grandes grupos: coaptación externa y técnicas quirúrgicas. Aunque la opción quirúrgica debe ser la de elección, en algunas ocasiones no es posible realizarla, por lo que la coaptación externa también cobra importancia. Las técnicas de coaptación externa tratadas son la férula de Schroeder-Thomas y la férula cilíndrica con jeringuilla. En cuanto al abordaje quirúrgico, se tratan varias técnicas: clavo intramedular, fijador externo y tie-in. De estas, la que obtiene los mejores resultados en la mayoría de los casos es la tie-in o fijador híbrido. Esta técnica consiste en la combinación de un clavo intramedular con un fijador externo tipo I, unidos por una barra de conexión. El abordaje de la técnica tie-in puede realizarse normógrado; accediendo por la meseta tibial, o retrógrado; accediendo por el lugar de la fractura, recomendándose mayoritariamente el primero, especialmente en las fracturas cerradas. Sin embargo, en diversas ocasiones, la realización de esta técnica no es posible o no es la más indicada, por lo que es necesario conocer todas las alternativas y seleccionar la mejor opción en cada caso concreto.

**Palabras clave:** *férula, fijador, fractura, hubara, ortopedia, tibiotarso, tie-in.*

## RESUMO

O tibiotarso é un dos ósos que se fractura con maior frecuencia en aves, polo que se elixiu para este traballo. A hubara asiática (*Chlamydotis macqueenii*), animal en estado vulnerable, é un pilar fundamental na cultura árabe, polo que é crucial resolver as súas patoloxías recorrentes de maneira

exitosa. Para unha correcta resolución é de vital importancia coñecer en detalle a anatomía da zona a tratar, así como as diferenzas específicas da especie. Por iso, neste TFG estúdase individualmente a osteoloxía, mioloxía, irrigación e innervación da rexión tibiotarsiana da hubara, obtendo así un coñecemento anatómico detallado e descartando diferenzas significativas con outras especies aviarias. Para seleccionar a técnica máis adecuada en cada caso é importante analizar individualmente o tipo de fractura. Resulta fundamental na decisión se a fractura é aberta ou pechada, sendo esta última moito máis habitual e tendo mellor prognóstico. Estruturalmente adoitan ser transversas e oblicuas, podendo complicarse ambas coa presenza de fragmentos óseos. A localización proximal, medial ou distal da fractura é tamén moi relevante á hora da abordaxe. As técnicas de ortopedia para a súa resolución divídense en dous grandes grupos: coaptación externa e técnicas cirúrxicas. Aínda que a opción cirúrxica debe ser a de elección, en algunhas ocasións non é posible realizala, polo que a coaptación externa tamén cobra importancia. As técnicas de coaptación externa tratadas son a férula de Schroeder-Thomas e a férula cilíndrica con xiringa. En canto á abordaxe cirúrxica, trátanse varias técnicas: cravo intramedular, fixador externo e tie-in. Destas, a que obtén os mellores resultados na maioría dos casos é a tie-in ou fixador híbrido. Esta técnica consiste na combinación dun cravo intramedular cun fixador externo tipo I, unidos por unha barra de conexión. A abordaxe da técnica tie-in pode realizarse normógrada; accedendo pola meseta tibial, ou retrógrada; accedendo polo lugar da fractura, recomendándose maioritariamente a primeira, especialmente nas fracturas pechadas. Con todo, en diversas ocasións, a realización desta técnica non é posible ou non é a máis indicada, polo que é necesario coñecer todas as alternativas e seleccionar a mellor opción en cada caso concreto.

**Palabras chave:** *férula, fixador, fractura, hubara, ortopedia, tibiotarso, tie-in.*

## ABSTRACT

Tibiotarsus is one of the most frequently fractured bones in birds, which is why it has been chosen for this project. The Asian Houbara bustard (*Chlamydotis macqueenii*), which is an animal in a vulnerable state, is a fundamental pillar in the Arabian culture, so it's crucial to solve its recurrent pathologies in a successful way. For a correct resolution it is essential to know in detail the anatomy of the area to be treated, as well as the specific differences of the species. Therefore, in this dissertation, the osteology, myology, irrigation and innervation of the houbara's tibiotarsal area are studied individually, thus obtaining a detailed anatomical knowledge and discarding significant differences with other avian species. In order to select the most appropriate technique in each case, it's important to analyse each type of fracture individually. It is transcendental to determine whether the fracture is open or closed, the latter being much more common and having

a better prognosis. Structurally, they are usually transverse and oblique, and both of them can be complicated by the presence of bone fragments. The proximal, medial or distal location of the fracture is also very relevant when it comes to the approach. Orthopaedic techniques for addressing these issues are divided into two main groups: external coaptation and surgical techniques. Although the surgical option should be the one of choice, sometimes it's not possible to perform it, so external coaptation is also important. The external coaptation techniques discussed are the Schroeder-Thomas splint and the cylindrical syringe splint. As for the surgical approach, several techniques are discussed: intramedullary pin, external fixator and tie-in. It is important to point out that the tie-in or hybrid fixator is the one that obtains the best results in most cases. This technique consists of a combination of an intramedullary pin and a type I external fixator, joined by a connecting bar. The tie-in technique can be accomplished by following a normograde approach, accessing through the tibial plateau, or a retrograde approach, accessing through the fracture site, with the former being recommended for the most part, especially in closed fractures. However, on several occasions, this technique is not possible or is not the most indicated, so it's necessary to know all the alternatives and select the best option in each specific case.

**Keywords:** *splint, fixator, fracture, houbara, orthopaedics, tibiotarsus, tie-in.*

## 2.-ABREVIATURAS

AINES: antiinflamatorios no esteroideos

*C. undulata fuertaventurae: Chlamydotis undulata fuertaventurae*

*C. undulata undulata: Chlamydotis undulata undulata*

cm: centímetros

ESF: External Squeletal Fixator

FESSA: Fixateur Externe du Service de Santé des Armées

g: gramo

IFHC: International Fund for Houbara Conservation

IM: intramedular

IUCN: International Union for Conservation of Nature

kg: kilogramo

L: litro

min: minuto

mm: milímetros

M.: músculo

N.: nervio

PVC: policloruro de vinilo

RIWC: Reneco International Wildlife Consultants

TIF: Tie In Fixator

### 3.-INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El tibiotarso es un hueso exclusivo de las aves nacido de la fusión de la tibia con la parte proximal del tarso; un elemento fundamental para la locomoción de estos animales. La fractura de tibiotarso es una de las patologías más comunes en el ámbito quirúrgico aviar, siendo el hueso que más comúnmente se fractura (Harcourt-Brown, 2000). Es muy notable su incidencia en los centros de conservación, donde, al aprender a volar; previamente a su liberación, sufren traumatismos y lesiones que desembocan en su fractura. Este estudio se centrará en la avutarda hubara asiática (*Chlamydotis macqueenii*), especialmente en la criada en cautividad con fines de conservación y repoblación, como el proyecto desarrollado en Abu Dhabi por la empresa Reneco International Wildlife Consultants; el proyecto más grande del mundo centrado en una sola especie, donde realicé las estancias del paquete formativo dual.

Para la resolución de la fractura de tibiotarso existen múltiples técnicas; tanto quirúrgicas como no quirúrgicas, sin embargo, no hay recomendaciones específicas para el uso de una u otra, quedando la decisión a juicio de cada cirujano. Esta ave asiática, en estado vulnerable, es una especie de gran importancia en la cultura árabe debido a la tradición de ser cazada por el halcón, por ello, es esencial seleccionar la técnica que aporte los mejores resultados, así como un buen pronóstico, tanto para que las aves destinadas a repoblación puedan desarrollar una vida normal en su futuro hábitat silvestre, como para que las aves reproductoras cumplan de manera óptima su papel en la preservación de la especie.

El presente TFG persigue un objetivo principal:

- ✓ Identificar la mejor técnica para resolver la fractura de tibiotarso en la hubara, con el fin de mejorar los resultados clínicos y promover su conservación.

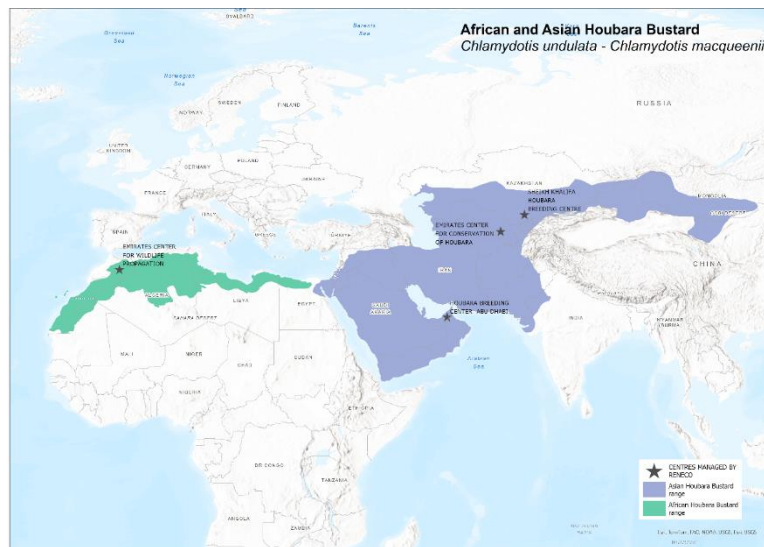
Para llegar a este objetivo, se tratan tres objetivos específicos:

- ✓ Analizar y comparar la anatomía tibiotarsiana de la hubara.
- ✓ Diferenciar los tipos de fractura más habituales y su distribución en esta ave.
- ✓ Revisar y estudiar individualmente las técnicas más comunes para su resolución.

#### 3.1-La avutarda hubara asiática (*Chlamydotis macqueenii*)

La hubara (*Chlamydotis*) es una especie de ave que pertenece al orden de las *Otidiformes*, y dentro de este a la familia *Otididae* (IUCN, 2016). Pese a que previamente se consideraba una única especie con diferentes poblaciones, se ha demostrado la existencia de dos especies diferenciadas: *Chlamydotis Macqueenii* (Gray et al., 1832), hubara asiática (figura 2) y *C. undulata undulata*

(Korrida et al., 2013), hubara norafricana. También una subespecie: *C. undulata fuertaventurae* (Rothschild y Hartert, 1894), presente en las islas canarias. Es destacable la multitud de nombres diferentes que posee esta ave, conociéndose comúnmente como hubara asiática. Pese a este enfoque centrado en la hubara asiática, las diferencias prácticamente inexistentes a nivel anatómico permiten la extrapolación de todos los resultados recogidos en este estudio a la especie *C. undulata*. Por ello, en múltiples ocasiones se hará referencia a ‘hubara’, abarcado ambas especies.



**Figura 1:** Distribución de la hubara asiática y africana (©RenecoIWC).

La ubicación natural de la hubara asiática se representa de color morado en la figura 1. Esta ave se encuentra en las regiones desérticas y de estepa de Asia, al este de la península de Sinaí extendiéndose al este de Kazajistán hasta Mongolia (IFHC, s.f.), siendo migratoria y volando grandes distancias entre esas zonas. Thomas MacQueen da nombre a esta ave, ya que, a partir de la colección de este autor, John Edward Gray la nombró en su catálogo de zoología ilustrada en el año 1832. Es un ave de tamaño medio, con una altura de aproximadamente 65-70 cm, una envergadura de 140 cm entre sus alas y un peso medio entre 1,2 y 3kg en adultos (IUCN, s.f.); siendo superior el peso del macho sobre la hembra. Es un animal terrestre que pasa la mayor parte del tiempo caminando, hecho relacionado con su tipo de dieta; omnívora, la cual se basa principalmente en alimento encontrado del suelo como plantas, semillas, insectos y pequeños roedores. Su condición como ave caminadora determina la longitud de sus extremidades pélvicas; siendo catalogada como ave de patas largas, y resalta la importancia de una buena resolución de la fractura, logrando así una vida normal.

Este animal es una figura muy relevante en la tradición y cultura árabe a través de la cetrería. Según esta tradición es la presa del halcón, conformando este hecho uno de los principales motivos para su conservación, colaborando así en la preservación de la cultura y tradición árabe.



*Figura 2: Avutarda hubara asiática (© IFHC).*

### 3.2- Hábitat y situación de conservación

El hábitat natural de la hubara son las estepas y semidesiertos abiertos, áridos y con escasa vegetación (Launay et al., 1997). Esta ave se encuentra en la categoría de lista roja, con estado vulnerable desde 2021 (IUCN, s.f.), por lo que cobran vital importancia los proyectos de repoblación y conservación de la especie, como el llevado a cabo por Reneco mediante la liberación a gran escala de aves criadas en cautividad. Actualmente la población silvestre se encuentra en tendencia de decrecimiento, encontrando un número de individuos maduros de entre 33.000 y 67.000 (IUCN, 2023)

Esta situación se justifica en la pérdida de su hábitat natural por la creación de áreas urbanas, industriales o para el turismo. También es importante la presencia de la pesca y ganadería (IUCN, s.f.); el pastoreo tiene un impacto negativo sobre la especie, tanto indirectamente, al degradar la vegetación del desierto de la que dependen las aves para alimentarse y ocultarse, como directamente, al pisar los nidos y molestar a las hembras que anidan (Lavee, 1988). Otro factor perjudicial es la contaminación producida por esta misma junto a la industria, principalmente de gas y petróleo. Sin embargo, la principal amenaza para esta especie procede de la caza (IUCN, s.f.); en su mayoría cetrería con halcones. Esta poderosa tradición árabe supone el 50% de la mortalidad de los ejemplares (Pakniat et al., 2021). Además de la caza propiamente, también se

utilizan muchas hubaras para el entrenamiento de los halcones, pues al no ser una presa que cace en su entorno natural, debe ser adiestrado, aumentando así todavía más la mortalidad. En los países árabes, la carne de esta especie se considera afrodisíaca, lo que atrae a cazadores de alto estatus (Nabi et al., 2019). En 2017-2019, Pakistán concedió permisos para la caza de la hubara asiática a árabes reales, y parece que continúa la caza no regulada (IUCN, s.f.).

Pese a todo ello, los modelos de hábitat y las proyecciones climáticas predicen un aumento del hábitat adecuado en el futuro, incluidos cambios en la distribución geográfica del hábitat adecuado (Yousefi et al., 2017), por lo que el impulso por programas de conservación durante este período es de suma importancia.

## 4.-MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1-Fuentes de Información

El presente trabajo se basa en una revisión bibliográfica exhaustiva sobre las técnicas quirúrgicas para la resolución de fracturas de tibiotarso en aves, siendo adaptadas a la hubara asiática (*Chlamydotis macqueenii*). Las fuentes de información incluyen artículos científicos, libros de referencia, informes técnicos y datos propios recopilados durante estancias en la empresa Reneco International Wildlife Consultants.

### 4.2-Criterios de selección de estudios

#### 4.2.1-Bases de datos consultadas

Se realizaron búsquedas en bases de datos científicas como PubMed, ScienceDirect y Google Scholar, utilizando palabras clave como "tibiotarsus fracture", "avian surgery", "Chlamydotis macqueenii" o "avian orthopedics".

#### 4.2.2-Criterios de inclusión y exclusión

La gran mayoría de los estudios utilizados en este proyecto fueron publicados entre 2000 y 2024, estos abordaran la anatomía, fisiología, técnicas quirúrgicas y tratamientos postoperatorios de fracturas de tibiotarso en aves. Además, también se consultaron algunos libros sobre biomecánica u ortopedia en otras especies, para comparar y extraer datos complementarios. Se excluyeron aquellos estudios que distaban mucho sobre aves o que no presentaran una metodología clara y reproducible, así como aquellos antiguos y poco actualizados, exceptuando los referidos a clasificación taxonómica de las aves, los cuales son bastante antiguos.

## 4.3- Procedimiento de revisión

### 4.3.1- Evaluación de la anatomía del tibiotarso

Se revisaron libros especializados en anatomía aviar, como *Avian anatomy* (König et al., 2016), *Birds of prey: anatomy, radiology and clinical conditions of the pelvic limb* (Harcourt-Brown, 2000) y *Avian surgical anatomy and orthopedic management* (Orosz et al., 2023), para proporcionar una descripción anatómica completa y detallada del tibiotarso.

### 4.3.2- Clasificación de fracturas

Las fracturas de tibiotarso se clasificaron según su morfología en transversales y oblicuas, describiendo también las fragmentadas y conminutas, basándose en la revisión de literatura científica y observaciones realizadas durante estancias en Reneco. Se utilizaron descripciones y criterios de clasificación de diferentes autores, como los citados en la anatomía.

## 4.4- Técnicas quirúrgicas revisadas

Se revisaron y compararon diferentes técnicas quirúrgicas para el tratamiento de fracturas de tibiotarso, incluyendo la fijación interna con clavos intramedulares, fijación externa, placas y el uso de fijadores híbridos. El clavo también se conoce con el nombre de aguja, apareciendo así en alguna literatura. Además, también se incluyeron técnicas de coaptación externa. La eficacia y las complicaciones asociadas a cada técnica se analizaron en base a estudios clínicos y casos documentados en la literatura veterinaria. Se usaron principalmente libros de anatomía aviar, como *Current therapy in avian medicine and surgery* (Speer, 2016) o *Avian surgical anatomy and orthopedic management* (Orosz et al., 2023) y artículos científicos especializados sobre el mismo tema como por ejemplo *Orthopedic management of leg fractures* (Redig, 2005) o *Fracture management in avian species* (Carrasco, 2019), todo ello apoyado en otros libros de diferentes especies para la recolección completa de datos.

## 4.5- Datos Propios y Observaciones

Durante las estancias en Reneco International Wildlife Consultants, se recopilieron datos e imágenes de hubaras, tanto anatómicas como de fracturas. Estas observaciones se integraron en el trabajo para complementar la revisión bibliográfica con ejemplos prácticos, actuales y propios.

## 4.6- Análisis de Resultados

Se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo de los estudios revisados, así como de los datos propios recopilados. Se evaluaron los resultados de las distintas técnicas quirúrgicas, así como se analizó la distribución de fracturas en hubaras de la empresa Reneco entre 2019 y 2023.

## 5.-EXPOSICIÓN DEL TEMA

### 5.1-Anatomía del tibiotarso

El tibiotarso es una estructura exclusiva de las aves que resulta de la fusión de la tibia con los elementos proximales del tarso. Esta fuerte conexión entre el fémur y el tarsometatarso proporciona una base estable para el movimiento y la postura, jugando un papel crucial en la locomoción y estabilidad del ave (König et al., 2016).

El conocimiento exacto de la anatomía es una parte vital a la hora de realizar una cirugía. Ante la falta de bibliografía específica sobre la Hubara, y aprovechando mis estancias en la empresa Reneco International Wildlife Consultants LLC, realicé la disección de diez extremidades posteriores de hubara asiática, comparando toda la anatomía del tibiotarso con; principalmente, la de la familia de las gallináceas; representada en el libro Avian anatomy (König et al., 2016) y la de las aves en general, representada en el Avian surgical anatomy and orthopedic management (Orosz et al., 2023). Con este estudio se conoce la anatomía del área a tratar quirúrgicamente, permitiendo realizar una buena intervención. Además, tras su realización se observó que; a grandes rasgos, no hay ninguna diferencia significativa en la anatomía comparada de un ave general con la hubara, lo cual es importante a la hora de seguir protocolos o abordajes de otros modelos aviares.

Todas las imágenes propias expuestas a continuación pertenecen a la disección de una extremidad posterior izquierda de hubara asiática.

#### 5.1.1-Osteología

Es importante destacar la existencia de dos tipos de huesos en las aves debido a la adaptación de su esqueleto al vuelo. Con el fin de disminuir su peso y facilitar esta actividad, las aves han ido evolucionando, dando lugar a la pérdida de los dientes y los pesados huesos necesarios para sostenerlos, a la supresión en su totalidad de la cola y a la aparición de huesos sin cavidad medular, denominados huesos neumáticos. Por ello, en las aves encontramos dos tipos de huesos, medulares y neumáticos. Estos primeros son similares a los de los mamíferos, conteniendo la cavidad medular en su interior. Sin embargo, los neumáticos son huesos huecos que están invadidos por divertículos derivados de los sacos aéreos, los cuales penetran en ellos a través de agujeros neumáticos, o directamente comunican con las vías respiratorias. Esta adaptación única y tan eficaz para la mejora del vuelo, resulta un importante factor de riesgo cuando un hueso neumático se fractura, ya que puede constituir una vía de acceso directo al interior de la cavidad corporal.

El tibiotarso es un hueso medular, es decir, es un hueso similar al de los mamíferos, compuesto por una cavidad medular en su interior. Esto presenta la ventaja de tener mejor pronóstico tras la cirugía y no tener el riesgo de acceso directo al interior de la cavidad corporal ante una fractura; como sucede con los huesos neumáticos y que puede suponer un gran problema. Es también un hueso largo, uno de los huesos más largos en aves, lo cual predispone a su fractura, tema que se trata más en detalle en el apartado de causas y distribución.

Se exponen, en la siguiente página, tres vistas de diferentes caras del hueso tibiotarso izquierdo de hubara asiática diseccionado.

En la cara proximal (figura 5) presenta dos cóndilos, lateral y medial, siendo el medial más grande. Estos cóndilos articulan con los cóndilos del fémur, así como el borde lateral del cóndilo lateral con la cabeza del peroné. Proximalmente también se observa una cresta afilada que discurre hacia medial, denominada cresta cnemial craneal, esta cresta proporciona el sitio de unión para los músculos extensores de la articulación de la rodilla. También se observa la presencia de otra cresta situada caudolateralmente a la primera, la cresta cnemial lateral, separada de la craneal por el surco intercnemial, y unidas en sus extremos proximales por una cresta oblicua, llamada cresta patelar (figura 4), igual a otros modelos descritos (Sarma et al., 2018). Distalmente, el hueso presenta un gran cóndilo lateral y un cóndilo medial más pequeño, separados por una pequeña muesca, la incisura intercondilar (figura 4). Se observa también el surco extensor proximal a los cóndilos. Los cóndilos continúan caudalmente para constituir una tróclea (figura 3). Lateralmente a los cóndilos hay depresiones para la fijación de los ligamentos colaterales. La extensa superficie articular proporcionada por los cóndilos y la tróclea permite un gran movimiento de la articulación de intertarsiana. Estas referencias anatómicas son similares a las descritas en el libro *Avian anatomy* (König et al., 2016) y a otros modelos anatómicos de distintas familias aviares (Sarma et al., 2018). Es muy importante destacar la presencia del tendón patelar en la cara proximal del tibiotarso. Este es el tendón del músculo femorotibial, que se inserta en la rótula o patela. Una extensión del mismo conecta la rótula con la tibia, insertándose en la cresta patelar y situándose proximal al tibiotarso. Se conoce con ambos términos, tanto tendón como ligamento patelar (König et al., 2016).

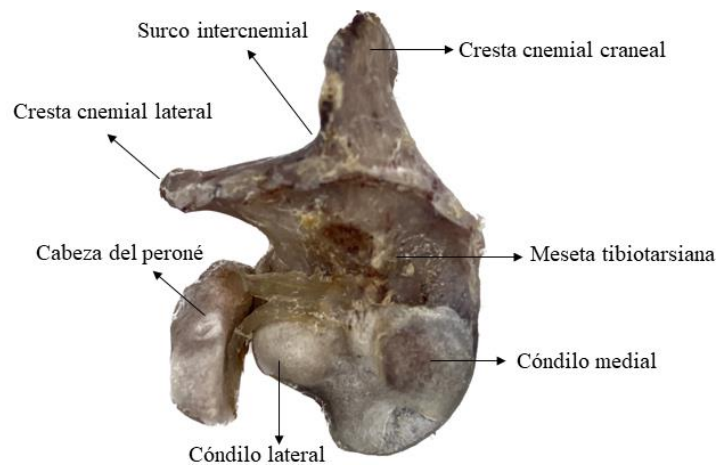
Estas referencias anatómicas son importantes para la orientación y colocación de los clavos durante la realización de las técnicas quirúrgicas.



**Figura 4:** Vista craneal tibiotarso izquierdo  
(Figura de elaboración propia).



**Figura 3:** Vista caudal tibiotarso izquierdo  
(Figura de elaboración propia).



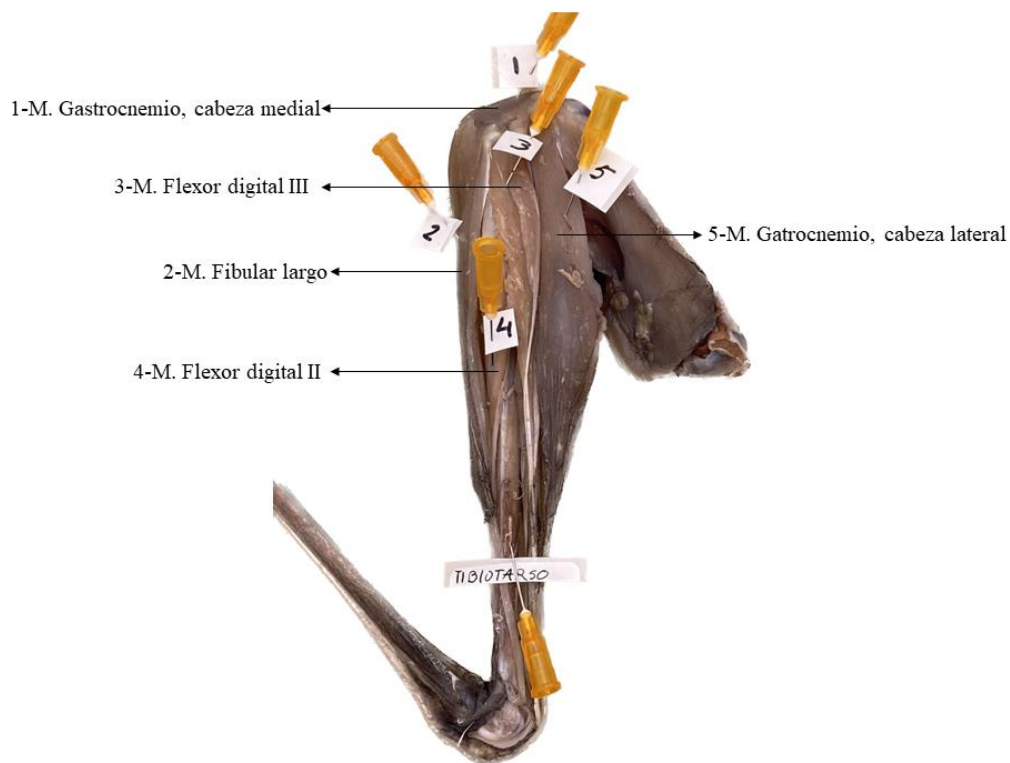
**Figura 5:** Vista proximal tibiotarso izquierdo (Figura de elaboración propia).

### 5.1.2-Miología

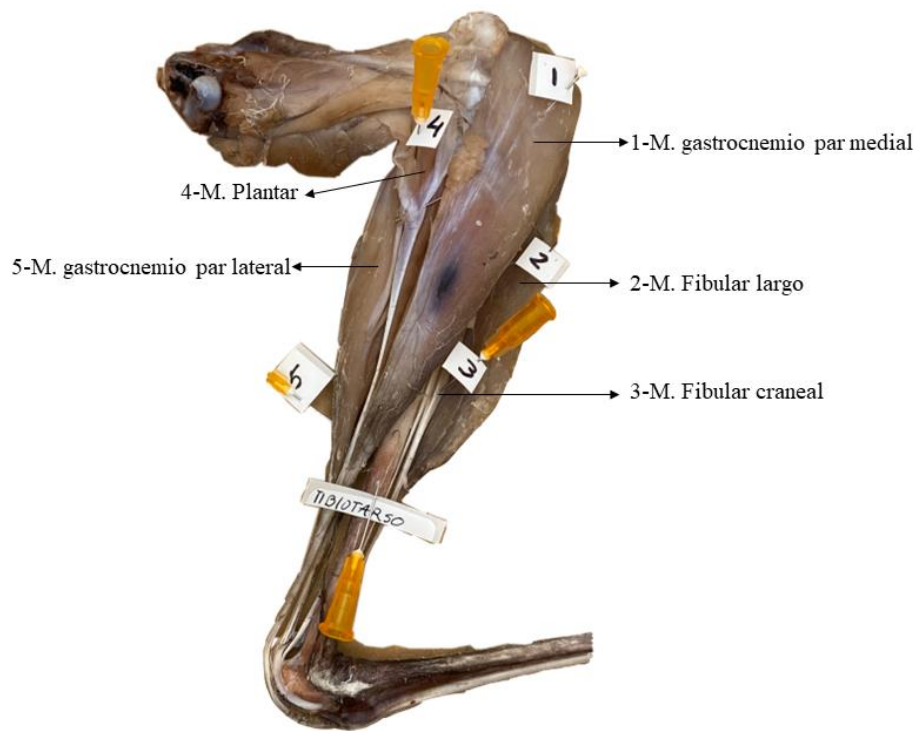
En cuanto a la miología se encontró una diferencia respecto a la anatomía comparada con otras aves. La hubara no presenta músculo flexor digital IV, ya que tiene solamente tres dedos, a diferencia de la familia galliforme u otras aves que tienen cuatro. El resto de los músculos siguen la organización descrita en los libros usados para comparar, consultando principalmente el libro Avian surgical anatomy and orthopedic management (Orosz et al., 2023) y el Avian anatomy (König et al., 2016)

El gran paquete muscular de la zona tibiotarsal hace que las fracturas habitualmente sean cerradas y tengan un buen pronóstico de recuperación (Samour et al., 2016).

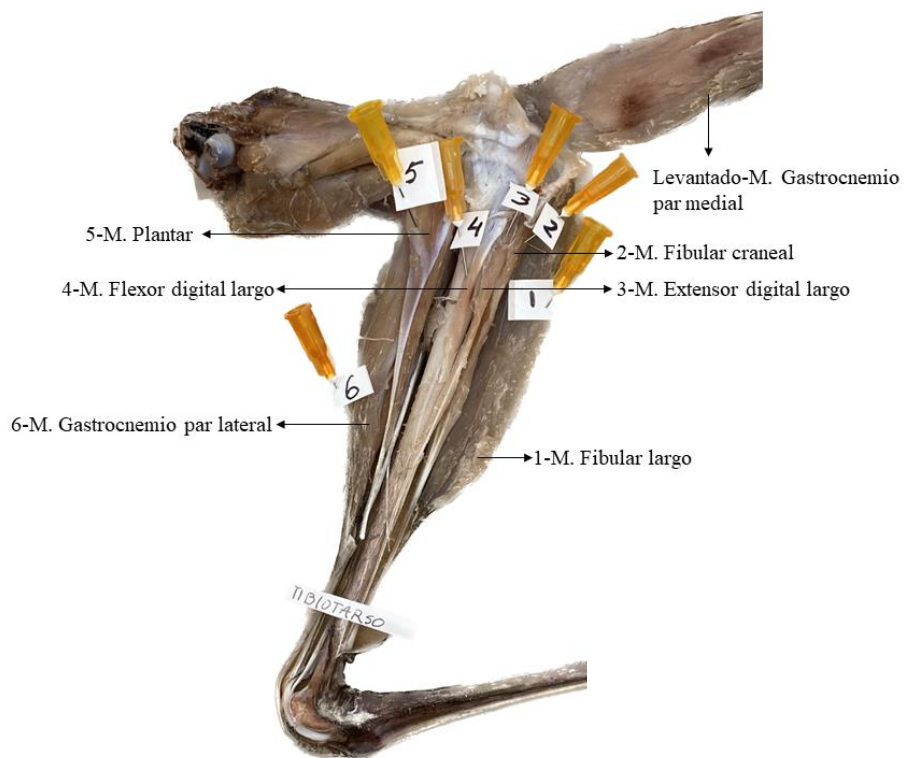
Resulta de suma importancia el correcto conocimiento de la anatomía antes de realizar la cirugía, ya que nos proporciona la capacidad de realizar una buena disección roma para separar los músculos, evitando cortarlos o dañarlos, favoreciendo así la posterior recuperación postquirúrgica. Cobra mayor importancia la cara medial, ya que es el abordaje que se describe cuando se decide operar por el foco de la fractura. Por ello, el siguiente estudio se centra más la miología en la zona medial, describiendo el paquete muscular de la zona superficial primero y media/profunda después.



**Figura 6:** Vista lateral miología tibiotarso de hubara (Figura de elaboración propia).



**Figura 7:** Vista medial, capa superficial, miología tibiotalarso de hubara (Figura de elaboración propia).



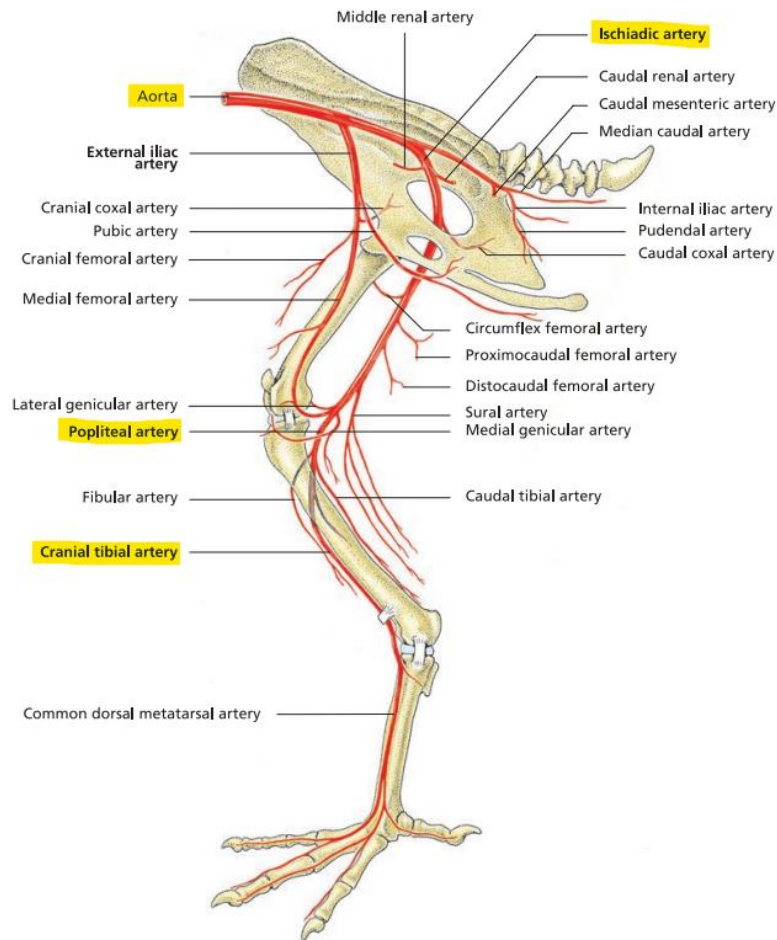
**Figura 8:** Vista medial, capa media/profunda, miología tibiotalarso de hubara (Figura de elaboración propia).

**Músculo gastrocnemio:** Es el músculo más importante a la hora de realizar el abordaje medial, pues es el que primero se encontrará en la disección roma. Este músculo tiene dos cabezas, la cabeza medial (figura 7, nº1) y la cabeza lateral (figura 7 nº5). La lateral se origina cerca del cóndilo femoral lateral, mientras que la medial en el ligamento patelar (König et al., 2016). La inserción suele ser un tendón común en la superficie plantar del tarsometatarso y los tendones flexores por uniones intermedias. El músculo gastrocnemio está inervado por los nervios tibial medial y lateral. (Orosz et al., 2023). Su función es la extensión de la articulación intertarsal (König et al., 2016). Apartando la cabeza medial se accede al tibiotarso (figura 8).

### 5.1.3-Irrigación

En cuanto al sistema venoso no se encontró ninguna diferencia entre la hubara y los modelos descritos en el libro *Avian anatomy* (König et al., 2016). La irrigación venosa a este nivel es medial, hecho para tener en cuenta a la hora de realizar la cirugía, ya que la vena que discurre medialmente es un vaso de amplio calibre que se debe evitar dañar. En cuanto a la irrigación arterial se dispone de manera craneal a nivel del tibiotarso, por lo que el riesgo de daño durante la cirugía por un abordaje medial es menor.

Empezando por la irrigación arterial (figura 9), el origen de todas las arterias que irrigan el miembro pélvico es la arteria aorta abdominal. En muchas especies de aves, la arteria femoral es la arteria principal de la extremidad pélvica; sin embargo, en los Falconiformes (Harcourt-Brown, 2000), Galliformes (König et al., 2016) y la hubara, la arteria principal de esta extremidad es la arteria isquiática (figura 9). La arteria isquiática nace de la aorta, caudal al nervio femoral (Harcourt-Brown, 2000). Discurre por el agujero ilioisquiático hasta la cara lateral de la pelvis, junto con el nervio isquiático. La arteria isquiática discurre paralela y caudal al fémur (Harcourt-Brown, 2000) y da lugar, a la altura de la articulación de la rodilla, a la arteria poplítea. Esta arteria se divide en el cuerpo proximal del tibiotarso dando lugar a la arteria fibular, la tibial caudal y la tibial craneal, esta última es la mayor de las arterias que irrigan la región tibiotarsal. La arteria tibial craneal se convierte en la arteria principal de la extremidad distal y continúa como arteria metatarsal común, la cual irriga toda la extremidad distal (Harcourt-Brown, 2000). Es por ello muy importante la localización de la arteria para evitar dañarla. Un daño en la arteria tibial craneal durante la cirugía podría suponer la necrosis de todo el miembro distal.



*Figura 9: Irrigación arterial miembro pélvico de pollo (König et al., 2016).*

Continuando con la irrigación venosa, se observa similitud en la distribución a nivel tibiotarsal de la hubara con otros modelos (Harcourt-Brown, 2000). El retorno venoso del miembro pélvico se produce a través de la vena femoral. La vena isquiática en su ascenso por la extremidad discurre medial al fémur, hasta drenar en la vena femoral (Harcourt-Brown, 2000). Está descrito un paciente con fractura de fémur en el que la vena isquiática estaba completamente seccionada de la vena femoral y trombosada. No había desvitalización del miembro, por lo que funcionaba una buena circulación colateral (Harcourt-Brown, 2000). Sin embargo, no se puede garantizar que esto pase en todas las especies aviarias, y no se encuentra información específica sobre hubara, lo que si está claro es que el retorno venoso del miembro pélvico posee varias ramificaciones a nivel proximal. A nivel tibiotarsal el riesgo es mayor, ya que la vena principal es la tibial caudal (figura 10), que recibe sangre de todo el miembro distal a través de las venas metatarsales laterales y mediales. Esta vena discurre de manera caudomedial a nivel del tibiotarso, drenando en la vena poplítea (Harcourt-Brown, 2000). A continuación, se presenta una imagen de la disección de una extremidad posterior de hubara, donde se puede apreciar; tras una tinción con colorante azul, el

calibre y lugar por el que discurre la vena tibial caudal, vaso a tener muy en cuenta a la hora de realizar la cirugía por abordaje medial en el foco de la fractura.

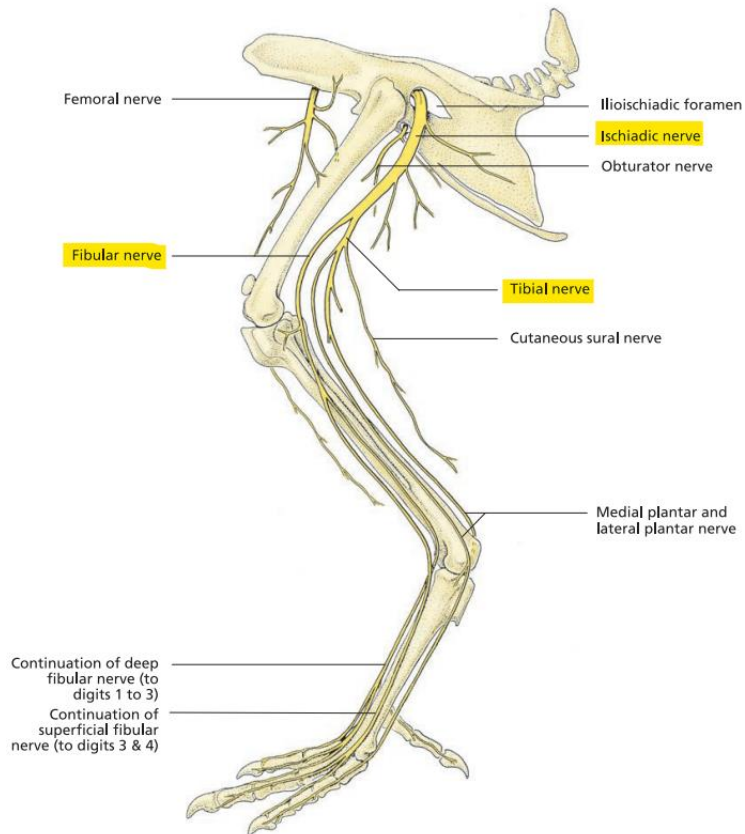


*Figura 10: Vista medial, vena tibial caudal en región tibiotarsal de hubara (Figura de elaboración propia).*

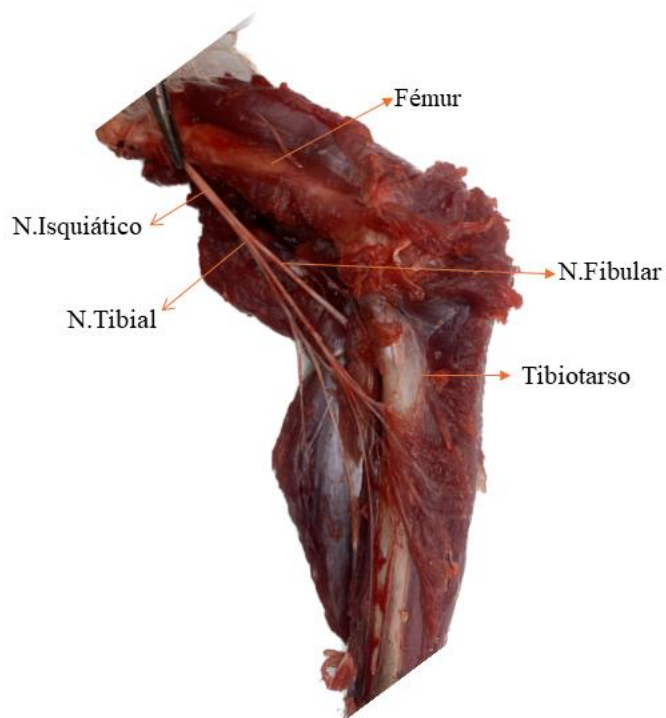
#### 5.1.4-Inervación

Se realizó también una disección específica de la inervación de la región (figura 12), comparando los hallazgos con la descripción del libro *Avian anatomy* (König et al., 2016), sin observar aparentemente ninguna diferencia.

El miembro pélvico de todas las aves está inervado por nervios que nacen del plexo lumbosacro (Harcourt-Brown, 2000). De este plexo salen tres ramas nerviosas, el nervio femoral, el isquiático y el obturador. La irrigación más interesante en este caso es la del nervio isquiático, el nervio periférico más largo en las aves. Próximo a la articulación de la rodilla se divide en dos ramas, el nervio fibular y el nervio tibial (figura 11). Ambos discurren de manera medial hasta el cuerpo proximal del tibiotarso, donde; ya ramificados, el fibular principalmente y una rama del tibial, pasan a una posición craneal y más lateral.



**Figura 11:** Vista lateral, inervación del miembro pélvico de un pollo (König et al., 2016).



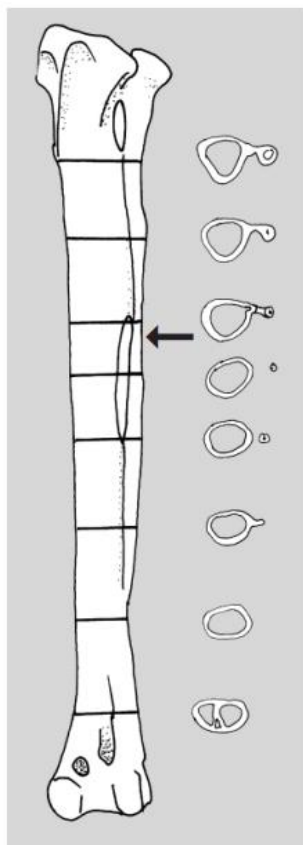
**Figura 12:** Vista medial, inervación del tibiotarso de hubara (Figura de elaboración propia).

Tras la realización de las disecciones y observación de la anatomía del tibiotarso no se encontraron; a grandes rasgos, diferencias significativas con el resto de las aves de otros modelos. Por ello, teniendo ya clara la anatomía, se pueden seguir las técnicas quirúrgicas y datos sobre fracturas de los modelos comunes, como el de la familia de las galliformes, que se adaptan perfectamente a la hubara.

## 5.2-Tipos de fracturas de tibiotarso

El tibiotarso es un hueso medular. Sin embargo, la cavidad medular de los huesos de las aves no es tan fuerte ni tan flexible como la de los mamíferos. Por ello los huesos de las aves son más frágiles y las fracturas son más frecuentes (Korbel et al., 2016).

Es importante conocer los distintos tipos de fractura, así como su clasificación previa al tratamiento, pues ello será un factor clave para desarrollar un plan quirúrgico óptimo y tener un buen pronóstico (Korbel et al., 2016). La primera diferenciación debe ser entre fracturas cerradas y abiertas. La fractura se considera cerrada cuando no hay perforación del hueso hacia el exterior a través de la piel. Debido a la gran masa muscular de la región tibiotarsal las fracturas suelen ser cerradas, lo que tiene mejor pronóstico y contribuye a su recuperación (Orosz et al., 2023). Por otra parte, se encuentran las fracturas abiertas, donde el hueso está exteriorizado perforando la piel. En estas fracturas el pronóstico es peor, debido al alto riesgo de infección, al posible daño de alguna estructura como la vena o arteria tibial por el propio hueso, a la mayor dificultad de alineación y recuperación y a la posible pérdida de fragmentos óseos. Muchas veces, dependiendo del tipo de fractura, se presentan fragmentos desprendidos o en lugares foráneos, en ese caso se debe reposicionar el fragmento, lo que ayudará a la formación del callo óseo y el mantenimiento de la masa muscular, con una mejor recuperación. El fragmento óseo debe ser extraído solamente en caso de que esté necrotizado o infectado, casos en los cuales tendría una repercusión contraria a la normal (Korbel et al., 2016). Dentro de una clasificación más estructural podemos encontrar; de manera más frecuente, fracturas transversas (figura 15) y oblicuas (figura 14). Ambas pueden situarse en una posición proximal, medial o distal. Dentro de estos tres casos, las posiciones proximal y distal son las más complicadas por su proximidad a la articulación, de la rodilla de manera proximal, e intertarsal de manera distal, dificultando la incorporación de clavos intramedulares. Lo más común es encontrar fracturas a nivel medial, en el punto en el que el tibiotarso cambia su conformación, de una forma más triangular, apoyado por el cuerpo del peroné, a una forma oval, perdiendo el apoyo del otro hueso y creando un espacio entre ambos (Harcourt-Brown, 2000) (flecha en figura 13). Parece que existe algún punto débil en esa zona (Harcourt-Brown, 2000).



*Figura 13: Cambio en la conformación del tibiotarso de halcón, similar al de hubara (Harcourt-Brown, 2000).*

Las fracturas transversales (figura 15) son aquellas que tienen una línea de fractura perpendicular al eje longitudinal del hueso, las cuales suelen darse por golpes directos. Este tipo de fracturas ocurren en hubara debido a su comportamiento. Pese a ser un ave caminadora también vuela, durante este vuelo; sobre todo en sus inicios, es propensa a sufrir colisiones generando fracturas. Esto pasa muy habitualmente en proyectos de conservación, donde las aves pasan por diferentes tipos de parcelas. De esta forma cuando pasan a una nueva parcela con espacio y aprenden a volar, colisionan con frecuencia. La alineación del hueso suele ser buena, lo que facilita la cirugía e implica un buen pronóstico.

Por otra parte, las fracturas oblicuas (figura 14) son aquellas en las que la línea de fractura se sitúa oblicuamente al eje largo del hueso. Suelen darse cuando el trauma genera una fuerza angular, son comunes debido a movimientos bruscos de salto, realizados habitualmente por las hubaras pues son aves que pasan la mayor parte del tiempo en el suelo. También cobra gran importancia en los proyectos donde las aves están en un espacio delimitado, pues al intentar salir saltan contra el cierre retrocediendo con gran impacto, situación que con facilidad puede generar un traumatismo por una fuerza angular. Este tipo de fractura es más compleja de estabilizar quirúrgicamente debido a la inclinación que presenta (Harcourt-Brown, 2000).



**Figura 15:** Fractura transversal en tibiatarso de hubara  
(Figura de elaboración propia).



**Figura 14:** Fractura oblicua en tibiatarso de hubara  
(Figura de elaboración propia).

Cualquiera de estas fracturas se puede complicar con la aparición de fragmentos óseos (figura 16), lo cual es bastante frecuente. Su presencia aumenta la complejidad de la cirugía ya que requiere una práctica cuidadosa donde se reposicionen los fragmentos para posibilitar su incorporación al callo óseo. Otro tipo de fracturas que supone una complicación aún mayor son las conminutas. Las fracturas conminutas son aquellas donde el hueso se rompe en dos o más fragmentos, lo cual complica de gran manera la cirugía, pues se deben reposicionar los mismos para asegurar la formación de un buen callo óseo y evitar la pérdida de masa ósea. En estos casos no es necesaria la alineación anatómica de los fragmentos óseos, siendo lo más recomendable la menor manipulación posible para evitar el desprendimiento de las uniones vasculares de los tejidos blandos (Orosz et al., 2023).



*Figura 16: Fractura transversal con fragmento en tibiotarso de hubara (Figura de elaboración propia).*

### 5.3-Causas y distribución

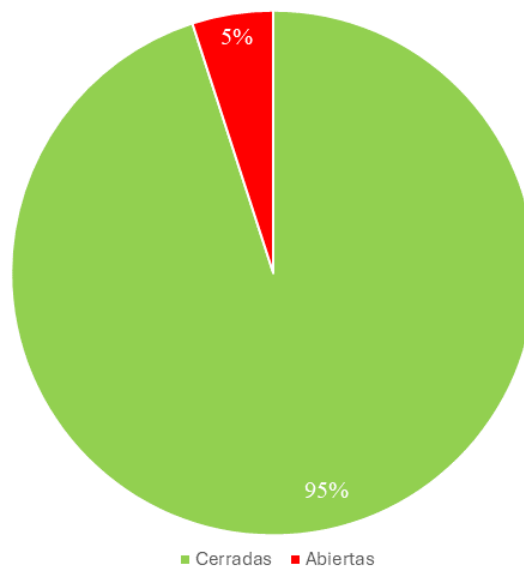
El tibiotarso es uno de los huesos más largos en el esqueleto de las aves. Los huesos largos; y los objetos largos en general, se fracturan más fácilmente debido a factores mecánicos y estructurales. La mayor longitud aumenta el momento de flexión y el efecto de apalancamiento, lo que amplifica las tensiones internas cuando se aplica una fuerza. Además, la fuerza se distribuye de manera desigual, creando puntos de concentración de tensión susceptibles a fracturas. Los huesos largos suelen soportar una gran parte del peso del cuerpo y están sujetos a fuerzas significativas durante el movimiento y el aterrizaje, lo que incrementa aún más el riesgo de fractura.

La principal causa de fractura es el traumatismo, por colisión con un obstáculo, caída durante el vuelo o herida con algún objeto; las cual a menudo se suele complicar con la infección de *Pasteurella multocida* (Korbel et al., 2016). En aves en cautividad una causa muy común de fractura es su incorrecto alojamiento o manejo, como la fijación de extremidades lejos del cuerpo; lo que aumenta el riesgo (Korbel et al., 2016). Trastornos metabólicos como la deficiencia de calcio o vitamina D3 también pueden influir en su incidencia, especialmente en hembras adultas durante la puesta (Korbel et al., 2016). Por otro lado, en aves jóvenes la insuficiente mineralización a temprana edad es un factor que aumenta el riesgo a fracturas (Korbel et al., 2016). También se observó (Korbel et al., 2016) un mayor riesgo de fracturas espontáneas en

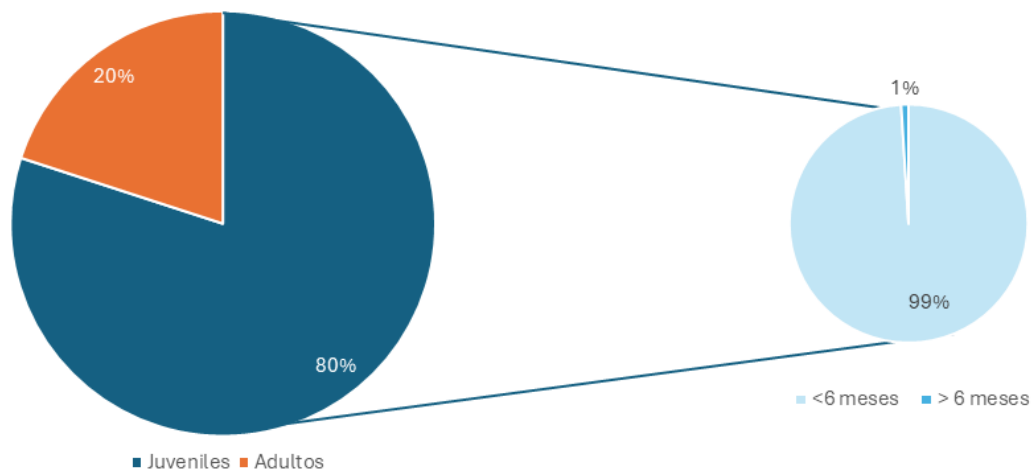
casos de hiperostosis poliostótica secundaria a un tumor de ovario o de células de Sertoli secretoras de estrógenos.

Es importante destacar algunas pequeñas diferencias anatómicas entre la hubara y otros modelos de aves descritos por otros autores (Korbel et al., 2016), que pueden tener relevancia en la alta frecuencia de esta fractura. Como se trató en el apartado de anatomía, la hubara carece de un músculo flexor. Esto, en comparación con otras aves que lo poseen, podría influir de manera negativa, ya que el paquete muscular es menor, ofreciendo menor protección al hueso, así como una menor fijación para la correcta alineación durante la formación del callo óseo en su recuperación. Además, la falta un dedo; responsable de la ausencia de ese flexor, podría influir en la biomecánica y recuperación de la hubara.

Para tener referencias específicas sobre la distribución concreta de la fractura de tibiatarso en la hubara, se analizaron los datos de la empresa Reneco en el proyecto de Abu Dhabi. La muestra fue de un total de 700 hubaras asiáticas, donde se recogieron los datos sobre el tipo de fractura y edad. Todos ellos pertenecen a una base de datos de entre 2019 y 2023.



**Gráfico 1:** Comparación tipo de fractura de tibiatarso en hubara (Gráfico de elaboración propia).



*Gráfico 2: Fractura de tibiotarso en hubara por edades (Gráfico de elaboración propia).*

Tras el análisis de estos datos de hubara, se puede observar su distribución similar a los modelos de otras especies analizadas (Korbel et al., 2016; Orosz et al., 2023; Samour et al., 2016). Se observa gran diferencia entre fracturas abiertas y cerradas (gráfico 1), siendo estas últimas mucho más habituales, lo que concuerda con la distribución en otras especies cogidas como modelo (Samour et al., 2016). En cuanto a la edad, se aprecia que el rango donde más fracturas se producen es en aves juveniles (gráfico 2), y dentro de ellos prácticamente todas en menores de 6 meses. La distribución respecto a la edad puede deberse a que los juveniles todavía no tienen una masa ósea compacta totalmente formada (Naldo, 2008). Destacan los menores a seis meses, coincidiendo con el inicio del vuelo, el cual en los primeros intentos resulta fallido ocasionando colisiones que muchas veces terminan en fracturas. Además, estas aves son naturalmente presas, lo que provoca una reacción de huida ante estímulos, favoreciendo más la posibilidad de fracturas (RenecoIWC, s.f.).

#### 5.4-Técnicas para la resolución de la fractura de tibiotarso

Para el abordaje quirúrgico y la correcta práctica de la ortopedia es fundamental conocer la anatomía y topografía de la zona a tratar, así como es fundamental conocer las variaciones entre especies. Una vez tratado esto, se verán ahora las diferentes técnicas para la resolución de la fractura de tibiotarso. Debido a la similitud anatómica entre la hubara y las aves de los modelos vistos, se podrán seguir los procedimientos quirúrgicos de dichos modelos, sin cambios importantes. La aplicación de una técnica u otra varía mucho dependiendo del tipo de fractura, así como de los conocimientos de cada veterinario o de los materiales disponibles para llevarla a cabo. La ortopedia tiene como principal objetivo mantener la alineación longitudinal y rotacional

del hueso afectado durante el tiempo necesario para que se lleve a cabo la cicatrización mediante la formación del callo óseo, causando el mínimo daño iatrogénico a los tejidos esqueléticos y blandos (Carrasco, 2019). Pese a que la técnica quirúrgica debe ser la de elección, no siempre es posible realizarla, por lo que se deben tener en cuenta también las técnicas de coaptación externa. Es muy recomendable realizar una radiografía a modo de diagnóstico previo a la cirugía, con ella podremos ver el tipo de fractura, la presencia de fragmentos y su localización, pudiendo elegir la técnica más útil en cada caso.

Los animales que presentan una fractura habitualmente están en estado de shock. Por ello, lo urgente es estabilizarlos; hemodinámicamente primero, y con analgesia después; normalmente con AINES, para quitarles el dolor. Sin embargo, las hubaras son pájaros fuertes y resistentes, presentándose conscientes y sin signos de shock en la mayoría de los casos de fracturas (RenecoIWC, s.f.). Esto facilita el manejo y tratamiento, pero nunca se debe descuidar el control del dolor y la correcta hidratación (Carrasco, 2019)

#### 5.4.1-Coaptación externa

Estas técnicas aplicadas en fracturas del miembro pélvico tienen un pronóstico reservado y diversas complicaciones, como la cicatrización con unión incorrecta o no unión, siendo las técnicas quirúrgicas la mejor opción (Orosz et al., 2023), especialmente en aves pesadas como la hubara. Sin embargo, en los grandes proyectos de conservación la logística, el material disponible, el número de aves a tratar y el tiempo disponible para ello juegan un papel fundamental a la hora de tomar una decisión, por lo que esta opción se tiene en cuenta y se realiza en ocasiones como única técnica de estabilización. Presenta las ventajas de ser rápida y barata, no dañar la vascularización y reducir el riesgo de infección. Sin embargo, entre las múltiples e importantes desventajas se encuentran: la mala alineación del hueso curado, anquilosis articular, acortamiento y rotación del hueso y lenta curación.

La coaptación externa se puede usar como técnica de estabilización de fracturas cerradas o como complemento a la técnica quirúrgica realizada (Korbel et al., 2016; Orosz et al., 2023), siendo este último una buena opción en todas las cirugías, ya que proporciona una estabilización adicional y protege la herida (Orosz et al., 2023). Como consideración general, siempre es mejor un vendaje flojo a uno apretado, pues un vendaje apretado en exceso puede dar lugar a problemas de irrigación sanguínea o automutilación (Carrasco, 2019).

Los miembros pélvicos presentan más dificultades para la coaptación que los torácicos, debido a dos motivos: no pueden vendarse al cuerpo y las aves intentarán soportar su peso sobre ellas, lo que aplica fuerzas de carga al foco de la fractura (Orosz et al., 2023).

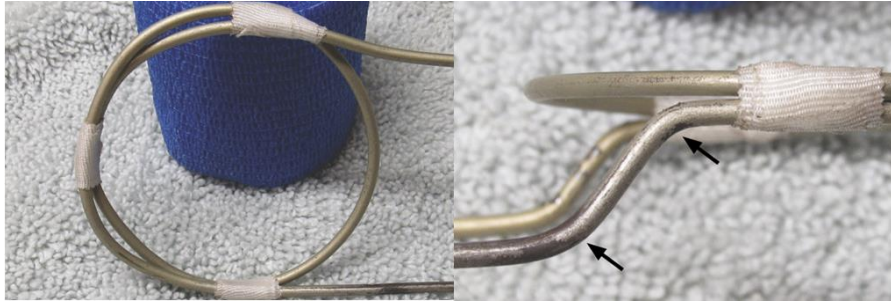
Como técnicas de coaptación externa destacan la férula de cinta de Altman, la férula Schroeder-Thomas modificada y la férula cilíndrica con jeringuilla, así como los vendajes. La primera reduce su utilidad a aves de 100-200g (Orosz et al., 2023), siendo totalmente inútil en hubaras. Se explicará por tanto la segunda técnica mencionada, la cual puede tener cierta utilidad en hubaras, cuyo peso aproximado es de entre 1,2 y 3kg.

#### *5.4.1.1- Férula Schroeder-Thomas modificada*

Las fracturas distales son muy difíciles de manejar quirúrgicamente debido a los vasos sanguíneos y tendones presentes en esa zona, corriendo un gran riesgo de daño iatrogénico ante el uso de clavos. Es este uno de los pocos casos en los que la coaptación con esta férula es la opción más útil (Orosz et al., 2023). Esta técnica fue modificada a partir de la férula usada en humanos, adaptando la forma y tamaño al animal que fuese a portarla. Es ideal en aves de entre 1 y 1,5 kg (Samour et al., 2016) así como en pequeños animales (Newton y Nunamaker, 1985). Pese a no ser adecuada para fracturas de húmero, si lo es para las de tibiotarso o tarsometatarso. Esta férula es un armazón de alambre, que se ajusta alrededor de la extremidad posterior para que el ave pueda sostenerla en una posición casi normal. Adaptando el alambre se puede aplicar el dispositivo en una amplia variedad de pacientes (Newton y Nunamaker, 1985; Orosz et al., 2023), incluyendo la hubara. Se toma como referencia el alambre de una percha estándar para aves con un peso entre 500 y 1200 g (Orosz et al., 2023).

Para esta técnica son necesarios los siguientes materiales: un trozo de alambre blando de unos 2,4 mm; como una percha, alicates, cortador de alambre, gasas, cinta adhesiva o similar y cohesiva (Orosz et al., 2023).

Primero se dobla el alambre formando un anillo (figura 17); para ello nos ayudaremos de los alicates y, si estuviese disponible, un tornillo de banco. El diámetro del anillo debe ser aproximadamente de 2,5 cm para aves de entre 500 y 1200 g (Orosz et al., 2023). Para su ideal realización es recomendable medir el contorno de la extremidad del ave a tratar en la proximidad de su articulación con la cadera, de esta manera, dejando un margen de holgura sobre la medida tomada, se podrá hacer una férula adaptada. El diámetro del anillo también puede determinarse midiendo la distancia entre la punta del ala del ilion y la punta del isquion, como se realiza en pequeños animales (Newton y Nunamaker, 1985). Posteriormente se estabiliza el anillo formado colocando tres tiras de cinta adhesiva en tres puntos, con una distancia similar entre todos (figura 17). A continuación, se hacen dos dobleces en cada uno de los puntales del alambre para alinearlos con los huesos de la extremidad (figura 17). Este paso se realiza utilizando al ave a tratar como guía, para así hacer las dobleces de manera cómoda adaptadas a la flexión natural del miembro pélvico (Orosz et al., 2023).



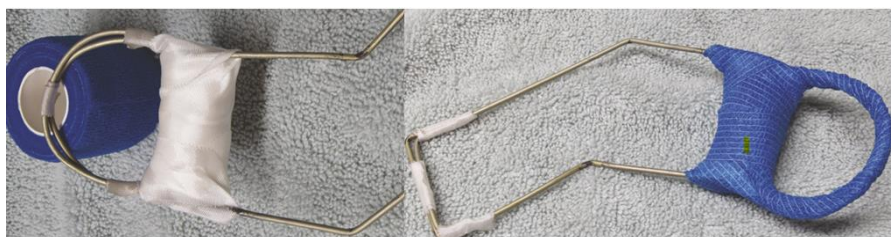
**Figura 17:** Anillo creado y dobleces hechas donde señalan las flechas (Orosz et al., 2023).

El siguiente paso consiste en extender los puntales de ambos lados hasta la parte distal del corvejón. A esa altura se vuelven a doblar para conservar la posición anatómica y se cortan acorde con la longitud de la extremidad del paciente (figura 18). Una vez cortados, los extremos se doblan en ángulo recto y se superponen para formar el extremo distal de la férula, uniéndolos con cinta adhesiva (Orosz et al., 2023) (figura 18).



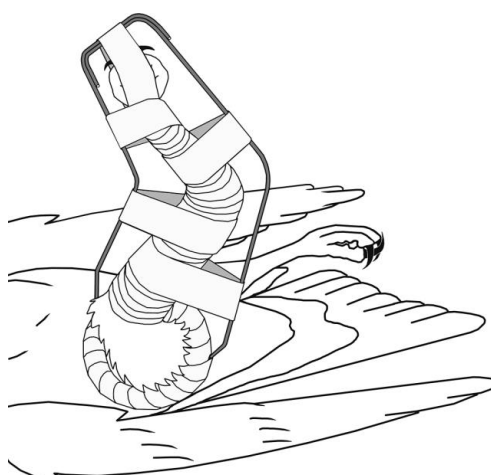
**Figura 18:** Formación férula, corte y unión de extremos (Orosz et al., 2023).

El último paso consiste en acolchar el anillo de la férula; parte que va a estar en contacto con el ave. Se pone una primera capa con gasas en la parte ventral del anillo, después se cubre esta con cinta, y por último se cubre todo el anillo con cinta cohesiva. (Orosz et al., 2023) (figura 19).



**Figura 19:** Último paso creación de férula (Orosz et al., 2023).

La férula se coloca como se detalla en la siguiente figura (figura 20). Se reduce la fractura y se envuelve el miembro con gasas. A continuación, la extremidad se suspende entre los puntales mediante tiras de cinta adhesiva. Cuando esta está correctamente suspendida se envuelve toda la férula con cinta cohesiva. Las aves se adaptan muy bien a este dispositivo, habiéndolo comprobado en diferentes especies. (Orosz et al., 2023).



*Figura 20: Colocación de la férula (Orosz et al., 2023).*

#### *5.4.1.2-Férula cilíndrica con jeringuilla*

Pese a que su resultado no tiene buen pronóstico en hubaras, ha sido utilizada con éxito en otras aves de tamaño similar a la de interés, como la seriema de patas rojas (*Cariama cristata*), para tratar fracturas de tibiotarso (Carrasco, 2019). Tiene la gran ventaja de ser una técnica muy sencilla y barata; solo se necesita una jeringuilla acorde al tamaño del ave, vendas y cinta cohesiva. Para seleccionar el tamaño de la jeringuilla medimos el diámetro del tibiotarso en la región de la fractura. Con este diámetro se selecciona una jeringuilla, siendo lo más habitual usar una de 10 ml, con 1,1-1,4 cm de diámetro del barril, o una de 20 ml con 1,8-2,2 ml de diámetro del barril. Una vez seleccionada la jeringuilla se corta por ambos extremos, adaptándola a la longitud del hueso (Carrasco, 2019). Se reduce la fractura colocando el hueso en posición anatómica y se envuelve con vendas. A continuación, se coloca la jeringa cortada sobre el hueso fracturado a modo de férula y se envuelve el conjunto con cinta cohesiva (Carrasco, 2019).

Como mejora a la técnica se propone la combinación con un previo vendaje Robert Jones modificado, para dar una mejor estabilidad. En caso de realizar esta combinación, hay que tener en cuenta que el vendaje aumentará el volumen del hueso previo a la incorporación de la férula. Por ello, se realizará cuando el conjunto del hueso y el vendaje tenga un diámetro que se adapte a la férula, considerando el diámetro del barril de la jeringuilla. Este vendaje consiste en una

primera capa de algodón, que proporciona un buen acolchado, una siguiente capa con gasa elástica para proporcionar tensión y fijación y una capa exterior con cinta cohesiva (Speer et al., 2016). Tras esto se coloca la férula creada con la jeringuilla y se recubre todo con cinta cohesiva. De esta manera se consigue una buena fijación de la fractura, muy rápida y barata que puede ser utilizada cuando el número de aves a tratar es muy elevado o cuando no se disponen de otros materiales.

#### 5.4.2-Técnicas quirúrgicas

Siempre que se disponga de los medios y tiempo necesario la opción quirúrgica debe ser la de elección, pues tiene mucho mejor pronóstico (Korbel et al., 2016; Orosz et al., 2023; Samour et al., 2016). Cualquier técnica quirúrgica es recomendable acompañarla con un vendaje (Korbel et al., 2016; Orosz et al., 2023) para una mayor estabilización (Orosz et al., 2023). La aplicación de la fijación debe basarse en el principio de la cirugía mínimamente invasiva, evitando dañar los tejidos blandos (Speer et al., 2016).

En muchas ocasiones se encuentran fragmentos óseos, los cuales deben ser reposicionados próximos al lugar de su desprendimiento ya que contribuyen a la formación del callo óseo, mientras que su ausencia contribuye a la pérdida de masa ósea (Korbel et al., 2016). Para su reposición se fijan rodeando el hueso con material de sutura. El fragmento óseo debe ser extraído solamente en caso de que esté necrotizado o infectado, casos en los cuales tendría una repercusión contraria a la normal (Korbel et al., 2016).

Múltiples autores (Bueno et al., 2015; Orosz et al., 2023; Redig, 2005; Samour et al., 2016) coinciden en que la mejor alternativa para la resolución de la fractura de tibiotarso; dando excepcionales resultados, es la técnica tie-in. Sin embargo, la realización de esta técnica no siempre es posible, por lo que se trataran de manera individual las diferentes técnicas quirúrgicas y la mejor aplicación de cada una de ellas.

##### 5.4.2.1-Anestesia en hubara

Normalmente la cirugía se realiza bajo anestesia general inhalatoria con isoflurano, siendo esta la de elección para inducción y mantenimiento. Se elije este gas ya que genera una inducción y recuperación muy rápidas y se metaboliza en el hígado. Para inducir se utiliza mascarilla, mientras que para el mantenimiento es recomendable usar un tubo endotraqueal sin balón de entre 3,5-4 mm de diámetro (Bailey, 2008). Si el tubo no estuviese disponible se puede realizar el mantenimiento con la mascarilla. Se suele inducir utilizando una concentración inspirada del 5%, en la mezcla de gases (isoflurano y oxígeno), y 2-3 L/min de flujo de oxígeno (Bailey, 2008). Cuando el ave está anestesiada el mantenimiento se realiza a una concentración inspirada entre 2-3% y un flujo de 1-2 L/min de oxígeno (Bailey, 2008). La concentración de anestésico varía a lo largo de la cirugía, adaptándola en función del plano anestésico necesario. En caso de que el

ave se encuentre en un plano muy profundo bajamos la concentración inspirada, situándola alrededor del 1,5%. Esta bajada es también recomendable cuando la cirugía es muy larga, modificando entre 1.5 y 3% el valor inspirado. Como analgésico, lo más útil es meloxicam a una dosis de 0,2 mg/kg vía intramuscular (Bailey, 2008) en los músculos pectorales, actuando también como antiinflamatorio. Una vez la hubara se recupera de la anestesia se le puede administrar butorfanol a una dosis de 2 mg/kg (RenecoIWC, s.f.), por la misma vía que el fármaco anterior, consiguiendo así una mejor analgesia. Es de vital importancia tener mucho cuidado con el butorfanol en esta especie, ya que las hubaras son sensibles a depresión respiratoria cuando se usa butorfanol preoperatorio, pudiendo ocasionar parada respiratoria y muerte (RenecoIWC, s.f.).

#### 5.4.2.2- Clavo intramedular

Esta técnica consiste en colocar un clavo o aguja en la cavidad medular del tibiotarso, generando así oposición a las fuerzas de flexión de este hueso largo (Orosz et al., 2023; Speer et al., 2016). Normalmente los dispositivos utilizados como clavos son agujas de Kirschner o clavos de Steiman (Orosz et al., 2023; Samour et al., 2016). Este clavo debe tener un tamaño adecuado dependiendo del tamaño de la hubara a tratar. Su grosor debe llenar el 50-60% de la cavidad intramedular del hueso, la cual es medida mediante radiografía en el extremo distal del mismo, ya que el tibiotarso se estrecha en esta porción (Korbel et al., 2016; Orosz et al., 2023). Los materiales ortopédicos específicos necesarios para la realización de esta técnica son los siguientes: llave de mandril, taladro manual; ambos utilizados para la colocación del clavo, y clavo intramedular. En la siguiente figura se sitúan en este orden de izquierda a derecha.

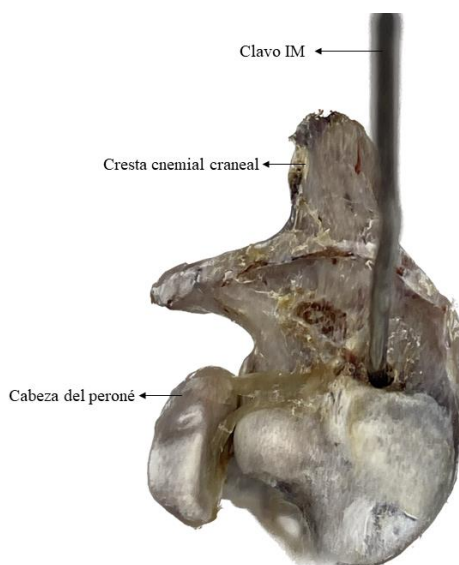


*Figura 21: Materiales para la técnica de clavo intramedular (Orosz et al., 2023).*

En ortopedia aviar hay dos maneras de realizar el enclavijamiento intramedular: normógrada o retrógrada. La inserción normógrada en este hueso se realiza proximalmente, a través de la meseta tibiotarsiana (figura 22), mientras que la retrógrada se realiza por el foco de la fractura. Para el

enclavijamiento intramedular en el tibiotalarso se recomienda un abordaje normógrado y cerrado (Orosz et al., 2023; Speer et al., 2016), pues desde el abordaje retrógrado es difícil evitar perforar el tendón patelar y la articulación de la rodilla, y cerrado ya que reduce significativamente la morbilidad asociada a una cirugía abierta (Speer et al., 2016), con riesgo de infección, daño iatrogénico en la zona o desplazamiento de los fragmentos óseos (Korbel et al., 2016). En caso de que haya fragmentos desplazados se debe realizar una reducción abierta para poder recolocarlos (Orosz et al., 2023). Muchas veces el abordaje normógrado cerrado resulta más complicado, encontrando dificultad para entrar en la cavidad medular del fragmento distal de la fractura, en cuyo caso muchos cirujanos recurren a una reducción abierta.

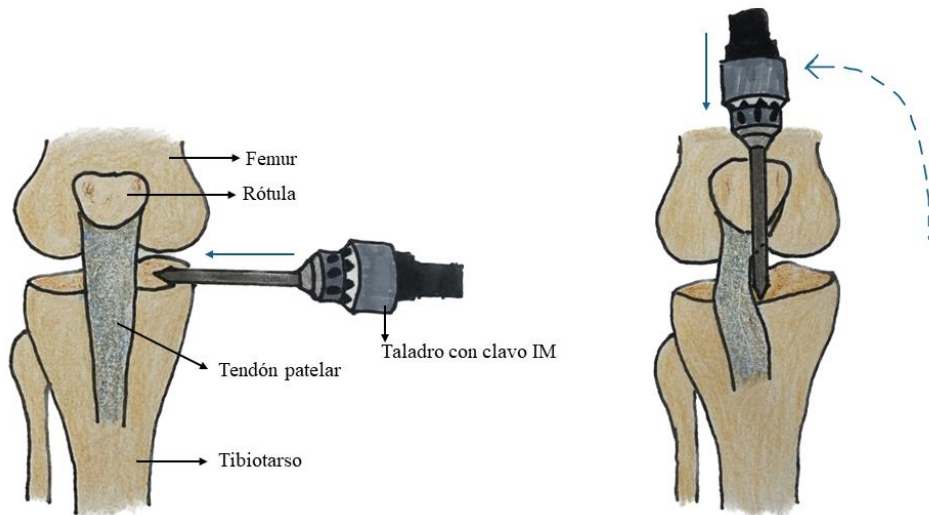
En la cara proximal del tibiotalarso; sobre la meseta tibiotarsiana, se encuentran el tendón patelar. Durante el abordaje normógrado se debe desplazar lateralmente este tendón (Bueno et al., 2015; Orosz et al., 2023; Speer et al., 2016) y alejarse de la articulación de la rodilla lo más posible. Primero se localizan por palpación la cresta cnemial craneal y la cabeza del peroné. Una vez localizadas estas dos referencias anatómicas, el clavo se inserta caudal a la cresta y desplazado un poco hacia medial; a la altura de la cabeza del peroné.



*Figura 22: Abordaje normógrado en meseta tibial (Figura de elaboración propia).*

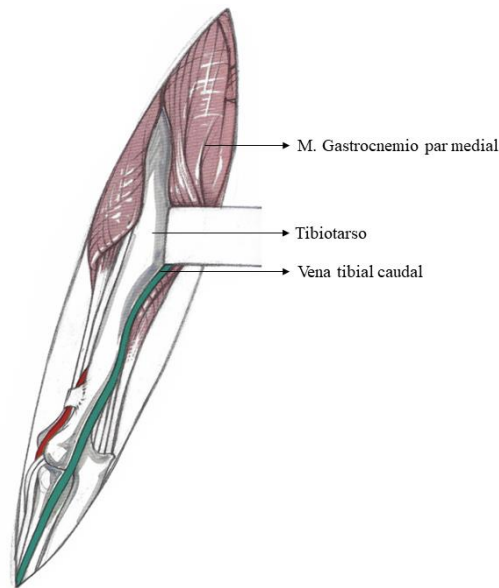
Primeramente, antes del abordaje, se coloca el clavo en el taladro manual y se ajusta; fijándolo bien al mismo con la llave de mandril. Para la realización del abordaje normógrado se recomienda proceder de la siguiente manera: primero se localizan las referencias anatómicas ya comentadas, una vez se siente por palpación el lugar de inserción del clavo, se introduce el mismo; con ayuda del taladro manual, por la cara medial del hueso de manera percutánea y perpendicular a la

extremidad, pasando por debajo del tendón rotuliano (figura 23). Cuando se encuentra aproximadamente en el punto marcado el clavo se dirige longitudinalmente con el eje largo del hueso, desplazando el tendón rotuliano lateralmente y evitando así perforarlo (Orosz et al., 2023; Samour et al., 2016) (figura 23).



**Figura 23:** Abordaje normógrado con clavo IM lateralizando el tendón patelar (Figura de elaboración propia).

En el siguiente paso se inserta ya en la cavidad medular. Una vez el clavo está en la cavidad medular, se reduce la fractura y se avanza insertando el clavo en el fragmento distal del hueso fracturado (Samour et al., 2016), parando antes de la articulación intertarsiana; nunca superando la altura del puente supratendinal (Samour et al., 2016), para evitar dañar dicha articulación. Para saber a qué altura del tibiotalarso se encuentra el clavo, previamente a la cirugía se selecciona uno de la misma longitud, posteriormente se coloca al lado ajustándolo desde la parte proximal exteriorizada y se observa la situación del clavo intramedular. Si no se consigue pasar el clavo a través del fragmento distal del hueso o hay fragmentos óseos que deben ser recolocados, se procede a realizar un abordaje abierto. Para esto, primero se retiran todas las plumas desde la articulación intertarsiana a la rodilla. Después de introducir el clavo de manera normógrada, se aborda el tibiotalarso por la cara medial, realizando una incisión craneomedial, ya que un abordaje más lateral conlleva el riesgo de dañar la arteria tibial craneal y el nervio fibular (Harcourt-Brown, 2000). Tras la incisión se realiza disección roma hasta conseguir exteriorizar la fractura, separando principalmente el músculo gastrocnemio medial de los músculos craneales y apartando la vena tibial caudal para evitar dañarla (Orosz et al., 2023) (figura 24).



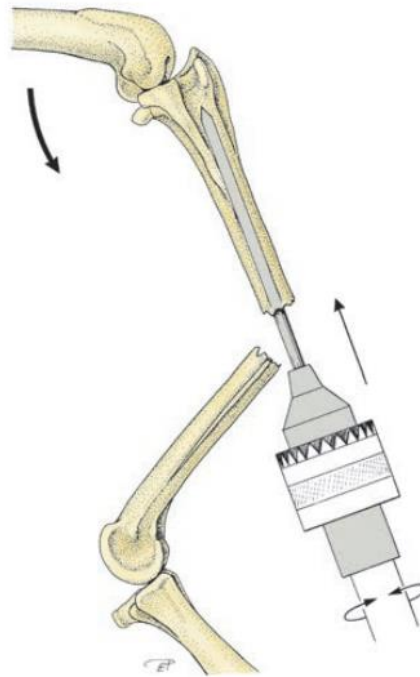
**Figura 24:** Abordaje medial del tibiotalarso (Modificada de Orosz et al., 2023).

Una vez se llega al lugar de la fractura se procede a reducirla y reposicionar los fragmentos en caso de que fuera necesario. Con ella reducida se sigue avanzando con el clavo normógrado como se explicó anteriormente, siendo ahora muy sencilla su inserción en el fragmento distal de la fractura.

El abordaje retrógrado es más sencillo; sin embargo, es más probable causar lesiones y tiene una morbilidad más elevada, ya que, primero, si la fractura es cerrada hay que abrirla; con todo lo que ello conlleva, y segundo, es prácticamente inevitable la penetración del tendón patelar y por tanto la articulación de la rodilla (Orosz et al., 2023; Speer et al., 2016). Aunque esto no ha demostrado ser perjudicial (Speer, 2016), se debe evitar penetrar el clavo a través de una articulación (Orosz et al., 2023). Por todo ello esta técnica también se tiene en cuenta, eso sí, conociendo la posibilidad de riesgo. Este abordaje abierto se realiza craneomedial, de la misma manera que se describió para el normógrado abierto. Se exterioriza el foco de la fractura, se inserta el clavo con ayuda del taladro manual por el fragmento proximal (figura 25), siguiendo la cavidad medular hasta exteriorizarlo en la meseta tibial; intentando alejarse lo más posible de la articulación de la rodilla e intentando evitar perforar el tendón patelar (Bueno et al., 2015). A continuación, se exterioriza totalmente el clavo proximalmente, pasando su extremo distal unos 0,5 cm superiormente al sitio de la fractura, se reduce la fractura y se empuja como en el abordaje normógrado desde proximal hacia distal (Korbel et al., 2016).

Si la fractura se presenta abierta y el foco está exteriorizado podría ser más interesante este abordaje que el normógrado, pues pese a que sea difícil evitar perforar el tendón patelar, no hay

evidencia de que esto sea perjudicial (Speer et al., 2016), y al estar ya exteriorizada la fractura es más fácil la inserción del clavo en la cavidad intramedular desde este punto.



*Figura 25: Inserción de clavo intramedular retrógrado en tibiotalarso (Korbel et al., 2016).*

En todos los abordajes de esta técnica, una vez está insertado el clavo, se comprueba; idealmente mediante radiografía, que ocupa una posición correcta con una alineación anatómica del hueso. En caso de ser así, se dobla el clavo saliente 90 grados proximalmente con ayuda de unos alicates (figura 28) y se corta, dejando aproximadamente 2 cm de saliente para poder retirarlo posteriormente. De esta manera evitamos que el clavo se caiga o se inserte demasiado en la cavidad intramedular. El extremo cortado del clavo se cubre para evitar dañar al paciente, puede hacerse con un pedazo de gasa o con la cabeza cortada de un bastoncillo de algodón.

Este clavo intramedular nunca debe ser usado solo, pues pese a oponerse a las fuerzas de flexión y proporcionar una buena alineación longitudinal, no tiene la habilidad de evitar las fuerzas de compresión, tracción, torsión o rotación que pueden aplicarse a los huesos. Debe ser utilizado junto con otro modo de estabilización, como un vendaje, alguna de las técnicas de coaptación externa o formando parte de un fijador híbrido (Orosz et al., 2023; Speer et al., 2016). Se han observado buenos resultados con la combinación del clavo intramedular y una férula, retirando la férula a los 10 días y el clavo a las 4 semanas (Harcourt-Brown, 2000). Recientemente, también se han usado placas de osteosíntesis en combinación con el clavo intramedular dando excelentes

resultados (Colpani et al., 2021; Guzman et al., 2007). Estas placas pueden ser una futura opción interesante, evitando la necesidad de una segunda intervención pues no necesitan ser retiradas.

Se recomienda la extracción del clavo intramedular aproximadamente en el punto medio del proceso de cicatrización, entre 2 y 3 semanas después de la cirugía, siendo menor el tiempo necesario en aves jóvenes que adultas, pues su osificación es más rápida. En este punto el callo óseo ya está formado y la extracción reduce las posibilidades de lesión con el extremo del clavo sobresaliente proximalmente. Antes de extraerlo se debe comprobar radiográficamente que hay formación del callo óseo (Orosz et al., 2023). Sin embargo, se ha comprobado (RenecoIWC, s.f.) que en hubaras dejar el clavo durante 4 semanas en adultos (mayores de un año) y 3 semanas en juveniles (menores de un año) da muy buenos resultados de osificación.

#### *5.4.2.3-Fijadores externos*

Los fijadores esqueléticos externos (ESF) pueden utilizarse en conjunto con los clavos intramedulares, con técnicas como tie-in; ideal en la mayoría de los casos, o solos. Los materiales necesarios para esta técnica son: clavos para fijación externa, que atraviesan transversalmente al hueso, y una barra de conexión.

En cuanto a los clavos, el grosor típico de referencia de los mismos es: 0,9 mm para aves de menos de 200 g, 1,1 mm para aves de entre 200 y 500 g, 1,6 mm entre 500 y 1200 g, 2 mm para aquellas entre 1200-2500 g (Orosz et al., 2023). En un principio se utilizaban clavos lisos, pero en muchas ocasiones se aflojaban con facilidad, por lo que se introdujeron clavos roscados de perfil positivo (Wander, 2019) (figura 26). Los clavos de perfil positivo tienen una rosca que sobresale del perfil del clavo, esto significa que el diámetro del clavo en el área de la rosca es mayor que el del resto. Gracias a esto se consigue una mejor fijación en la zona de la rosca, mientras que la parte sin rosca facilita la fijación en la barra conectora. Los de perfil negativo no se recomiendan, ya que existe un punto de debilidad en el área de cambio entre la rosca y la parte lisa (Korbel et al., 2016).



*Figura 26: Clavo de perfil positivo, el superior con rosca en el centro y el inferior en el extremo (Wander, 2019).*

Para las barras de conexión también hay diferentes alternativas (detalladas en el siguiente apartado). Se puede crear de manera económica una barra de conexión llenando un tubo drenaje Penrose con polimetilmetacrilato o resina acrílica de endurecimiento rápido (Korbel et al., 2016). Otras alternativas más rígidas incluyen un fijador FESSA, un tubo de polimetilmetacrilato o PVC.

Hay varios sistemas de fijación, siendo los tipo I y tipo II los más utilizados en ortopedia aviar. Estos métodos evitan la tracción, compresión y fuerzas de rotación, pero no tienen resistencia frente a las fuerzas de flexión. (Carrasco, 2019). Los fijadores tipo I; unilaterales, solo se exteriorizan; penetran la piel, por un lado, estando unidos por ese lado exteriorizado a una barra de conexión. Aunque solo se exteriorizan por un lado; el de entrada del clavo, atraviesan ambas corticales. Los tipo II; bilaterales, también atraviesan ambas corticales, pero a diferencia de los anteriores, estos se exteriorizan por ambos lados y están unidos a una barra de conexión en cada uno de ellos; lateral y medialmente (Carrasco, 2019; Wander, 2019). Siempre que se seleccione un fijador tipo II los resultados mejorarán con el uso clavos roscados centrales (Samour et al., 2016).

Los ESF tipo I son los usados en la técnica tie-in, mientras que los fijadores externos tipo II son de gran utilidad en fracturas conminutas y muy distales (Samour et al., 2016). En el tibiotalarso el tipo I no es suficientemente robusto cuando se aplica solo (Orosz et al., 2023; Speer et al., 2016). Las fracturas muy distales; distales al puente supratendinal, se resuelven bien con un fijador tipo II. En estos casos el clavo IM no es una opción ya que dañaría la articulación intertarsiana. Estas fracturas se resuelven colocando un clavo a través de los cóndilos del tibiotalarso y uno o dos en el tarsometatarso. La articulación intertarsiana se flexiona en una posición normal de percha y se insertan los clavos en barras conectoras, una a cada lado; lateral y medialmente (Samour et al., 2016).

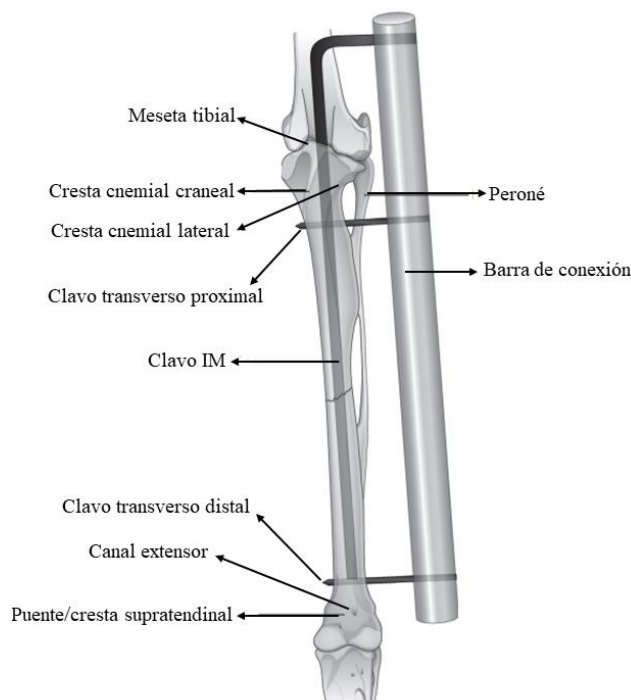
#### *5.4.2.4-Tie-in, fijador híbrido o TIF*

La técnica tie-in consiste en la combinación de un clavo intramedular (IM) con un fijador externo tipo I, es decir, la combinación de un clavo intramedular con dos o más clavos transversales, unidos todos por una barra de conexión (figura 27). Con esta técnica se crea un fijador de conexión (TIF) también conocido como fijador híbrido o fijador esquelético externo-intramedular (ESF-IM), proporcionando una perfecta fijación ante fuerzas de flexión y rotación. Siempre que se tengan los materiales y tiempo necesarios esta será la técnica de elección frente a una fractura de tibiotalarso (Bueno et al., 2015; Orosz et al., 2023; Redig, 2005; Samour et al., 2016), dando excelentes resultados. Son excepción aquellos casos donde hay una conminución severa, en los que un fijador externo tipo II es la opción adecuada (Orosz et al., 2023; Samour et al., 2016). La combinación intramedular y transversal proporciona estabilidad en las 3 dimensiones, se opone fuertemente a todas las fuerzas, como la flexión, la rotación, la compresión y la rotura, que pueden

afectar negativamente a la fractura en cicatrización (Bueno et al., 2015). Este método de fijación permite una libertad de movimiento casi completa de la extremidad, es decir, no se requiere coaptación para soporte adicional y permite un fácil acceso a cualquier herida para el manejo postoperatorio (Orosz et al., 2023).

Las ventajas que presenta este sistema son: el bajo costo de los materiales requeridos, su adaptabilidad a una amplia gama de tamaños de pacientes, la facilidad de aplicación sin necesidad de grandes equipos o materiales especializados, la buena alineación rotacional y la oposición a todas las fuerzas ejercidas sobre el hueso, la mayor comodidad y movilidad del paciente; ya que es ligero, y la facilidad de extracción cuando la fractura se ha curado (Bueno et al., 2015; Korbelt et al., 2016). Un TIF también permite a los pacientes usar la extremidad fracturada durante el proceso de curación (Bueno et al., 2015).

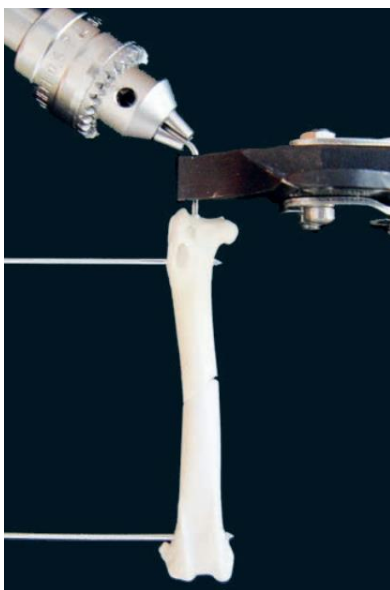
Para la aplicación del fijador híbrido primero se inserta el clavo intramedular. Para la elección e inserción del clavo intramedular se siguen todas las consideraciones y pasos explicados anteriormente en el apartado correspondiente a este tipo de clavo. Se recalca que, siempre que sea posible se deberá utilizar el clavo mediante un abordaje normógrado. El extremo proximal de este clavo se deja libre, para en último lugar ser doblado. Una vez insertado y con la fractura reducida se procede a la colocación de los clavos transversales, preferentemente roscados de perfil positivo (Bueno et al., 2015; Redig, 2005). Normalmente se colocan dos, uno proximal y otro distal, ambos perpendiculares al eje longitudinal del hueso siendo insertados con precaución (Bueno et al., 2015). Los movimientos circulares alternantes entre el sentido de las agujas del reloj y el contrario con el taladro manual ayudan a la colocación del clavo transversal transcortical, que debe atravesar la corteza lateral, pasar la cavidad medular y atravesar la corteza medial, sin exteriorizarse medialmente por la piel (Korbelt et al., 2016). El clavo proximal debe introducirse en la cara craneolateral, distal a la meseta tibial y craneal al peroné (Orosz et al., 2023; Redig, 2005; Samour et al., 2016), a nivel de las crestas cnemiales (Bueno et al., 2015) (figura 27). Es importante dirigir el clavo proximal de manera caudomedial para evitar los haces neurovasculares del lado medial del tibiotalarso (Bueno et al., 2015; Harcourt-Brown, 2000; Orosz et al., 2023; Redig, 2005; Samour et al., 2016). El clavo distal debe ser paralelo al proximal y colocarse 2-3 mm proximalmente a los cóndilos (figura 27), para evitar atravesar el surco intercondilar o dañar el puente supratendinal (Bueno et al., 2015), evitando así dañar los vasos y tendones en el extremo del hueso (Orosz et al., 2023; Samour et al., 2016). Todos los clavos transversales se insertan desde lateral hacia medial y deben penetrar ambas corticales para una buena fijación (Bueno et al., 2015; Speer et al., 2016), destacando la gran fijación que generan los clavos roscados de perfil positivo perfectamente asegurados en la cortical medial.



*Figura 27: TIF con lugares de inserción de clavos (Modificada de Samour et al., 2016).*

Si bien normalmente se utilizan dos clavos de fijación externa, el uso de clavos adicionales a cada lado de la fractura aumenta notablemente la robustez (Orosz et al., 2023; Van Wettere et al., 2009). Se compararon estudios de fracturas tratadas con un sistema de 2 clavos, un proximal y otro distal, frente a otros en los que se utilizaron 4 clavos, dos como en el caso anterior más uno encima y otro debajo de la fractura, encontrando que las tratadas con 4 clavos presentaban un aumento de la rigidez (110%) y de la compresión (60%) (Carrasco, 2019). Las fracturas oblicuas no suelen permitir el reparto de cargas, por ello requieren una fijación con una mayor integridad estructural en comparación con las fracturas transversales (Alexandre et al., 2024), por lo que este sistema de 4 clavos podría ser beneficioso.

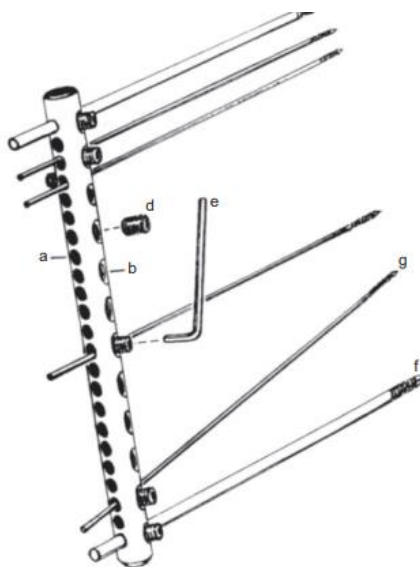
Una vez insertados los clavos transversales, el siguiente paso es doblar el clavo intramedular. En el extremo proximal se dobla lateralmente 90 grados con respecto al eje largo del hueso, para unirlo con los clavos transversales (Bueno et al., 2015; Korbel et al., 2016; Orosz et al., 2023;). Para doblar el clavo es vital agarrarlo y bloquearlo con unos alicates en el lugar de salida de la extremidad (figura 28), de lo contrario se transferirían las fuerzas de flexión al hueso. Una vez bloqueado se inserta el clavo en el taladro manual, agarrándolo y fijándolo con la llave de mandril cerca de los alicates, dejando un poco de espacio para el radio de curvatura (Korbel et al., 2016; Orosz et al., 2023). Es muy importante alinear todos los clavos transversales en la posición anatómica de la extremidad pelviana antes de su fijación a la barra de conexión (Samour et al., 2016). De lo contrario el callo óseo se formará dejando dicha extremidad rotada.



*Figura 28: Como doblar clavo intramedular (Korbel et al., 2016).*

A continuación, teniendo todos los clavos colocados, se deben unir mediante la barra de conexión lateral. Hay mucha variedad en cuanto a la elección de la barra de conexión, usándose principalmente barras acrílicas (Bueno et al., 2015; Carrasco, 2019; Orosz et al., 2023; Samour et al., 2016). Estas son tan usadas ya que presentan la ventaja de ser económica, flexibles y no requerir que todos los clavos estén en el mismo plano exacto (Carrasco, 2019). Se utilizan también barras acrílicas creadas relleno un tubo de drenaje Penrose; de diámetro similar al hueso, con masilla de metilmetacrilato u otros materiales como resina acrílica de dos componentes (Technovit®; endurecedor líquido, y resina en polvo). Este es un sistema económico y liviano que se puede adaptar al ave dependiendo de su tamaño (Bueno et al., 2015; Korbel et al., 2016; Speer et al., 2016). Una vez creada, esta barra acrílica tiene una increíble fuerza e integridad (Speer et al., 2016). Un fijador híbrido disponible en el mercado es el sistema conocido como Fixateur Externe du Service de Santé des Armées (FESSA) (figura 29). En lugar de utilizar una barra acrílica, este sistema incorpora un tubo de acero inoxidable con orificios para los pasadores transversales, donde también se alojará el clavo intramedular doblado, y perforaciones ortogonales que contienen tornillos de fijación de bloqueo. Este sistema ha demostrado ser eficaz en la reparación de fracturas del tibiotarso en diversas especies de aves (Speer et al., 2016). Es un sistema caro, pero tiene múltiples ventajas, como ser muy liviano y su gran estabilidad. Una de las mayores ventajas del sistema FESSA es su capacidad de reposicionamiento o retirada parcial en caso de que la alineación no sea adecuada tras el primer intento. Además, la disposición horizontal y transversal de los orificios permite la colocación de pasadores en diferentes ángulos (figura 29, letras g y f), lo que es útil para tratar fracturas con múltiples fragmentos óseos conminutos. El diámetro de los orificios varía, lo que permite el uso de clavos de diferentes

tamaños resultando en una perfecta fijación con los pequeños tornillos (figura 29, letras d y e). El peso ligero de las barras de conexión facilita que las aves soporten el peso de la extremidad operada de forma temprana, dando lugar a una mejor cicatrización. En resumen, se trata de un sistema ortopédico práctico que permite reparaciones de fracturas rápidas y precisas. Aunque tiene un costo elevado, su capacidad de reutilización y durabilidad lo convierten en una opción muy rentable (Muller y Nafeez, 2007).



*Figura 29: Sistema FESSA (Hatt et al., 2007).*

Por tanto, la elección de la barra de conexión se verá muy influida por el presupuesto y las posibilidades de reutilización en otros pacientes. Así en caso de buscar algo barato y sin ánimo de reutilización será interesante la barra acrílica. Sin embargo, si el presupuesto es adecuado y la idea es su uso en múltiples pacientes el fijador FESSA es un sistema óptimo. Una vez unidos los clavos transversales al intramedular mediante la barra de conexión ya tenemos el TIF listo.

La cicatrización de la fractura, para la retirada del TIF, se evalúa mediante palpación y radiografía. La cicatrización palpable se define como la falta de movimiento óseo en el sitio de la fractura al aplicar fuerzas de rotación y torsión entre la articulación intertarsiana y de la rodilla. Por su parte, la cicatrización radiográfica es la continuidad cortical en la zona de la fractura por la formación del callo óseo (Bueno et al., 2015). Cuando se observe radiográficamente un callo óseo suficiente para inmovilizar la fractura, generalmente de 2 a 3 semanas tras la cirugía, se retira el clavo IM. El fijador externo se retira a las 4-5 semanas, cuando por radiografía se observa un callo continuo y el ave estaba soportando peso sobre la extremidad afectada (Bueno et al., 2015; Redig, 2005).

## 6.-CONCLUSIONES

Tras realizar el estudio sobre la resolución de la fractura de tibiotalarso, con apoyo de la anatomía y distribución de fracturas, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- ✓ No existen, a grandes rasgos, diferencias entre la anatomía del tibiotalarso de la huera y otras aves que puedan influir en los abordajes de la fractura. El hecho de ser uno de los huesos más largos de las aves y su gran implicación en la locomoción, hacen que sea uno de los huesos que con mayor frecuencia se fractura.
- ✓ Se concluye una diferenciación de las fracturas por su exposición, localización y estructura. Por su exposición, las más frecuentes son las cerradas, representando aproximadamente el 95% de los casos en huera. Las fracturas ocurren mayoritariamente; alrededor del 80%, en aves juveniles, que por su continuo desarrollo óseo tendrán una mejor y más rápida recuperación.
- ✓ Dentro de las técnicas más comunes para resolver la fractura, la coaptación externa, pese a presentar múltiples desventajas, es una opción servicial en fracturas cerradas cuando hay multitud de casos y falta de materiales o tiempo. Dos técnicas baratas, relativamente sencillas y rápidas son la férula de Schroeder-Thomas y la férula cilíndrica con jeringuilla. La opción quirúrgica es la de elección siempre que se disponga de los medios necesarios, brindando muy buen pronóstico. El clavo IM no se debe usar nunca solo, sino que debe acompañarse de coaptación externa o formar el fijador híbrido (TIF). El fijador externo tipo II es útil para fracturas conminutas o muy distales. La técnica tie-in brinda excelentes resultados en la gran mayoría de casos, siendo muy útil y versátil.
- ✓ Finalmente, se concluye que la mejor técnica para la resolución de la fractura de tibiotalarso en la gran mayoría de los casos es la tie-in. Para los proyectos de conservación es de gran utilidad el sistema FESSA, reutilizable tras esterilización. Para casos más esporádicos, donde no hay necesidad de reutilización, la barra acrílica es muy buena opción y mucho más económica. Se debe añadir que, para fracturas muy distales el ESF tipo II o coaptación externa son las técnicas de elección, siendo los únicos casos en los que la tie-in no es la mejor opción.

## 7.-DISCUSIÓN

La falta de bibliografía específica sobre la hubara limita el conocimiento exacto de su anatomía, dejando un buen campo para la investigación. La ausencia de un dedo y el músculo flexor IV no es relevante a la hora de realizar el abordaje, pero si podría tener implicación en la biomecánica y recuperación del ave tras la cirugía, un tema de amplio interés para la realización de futuras investigaciones.

Una opción interesante, como línea de investigación y futura incorporación como técnica habitual, es la placa de reconstrucción. Actualmente esta no es muy usada, pero podrían ser una futura alternativa muy útil, especialmente en aves que se vayan a liberar a corto plazo, pues no es necesario retirarla.

## 8.-BIBLIOGRAFÍA

- Alexandre, N., Simões, G., Martinho Lopes, A., Guerra Guimarães, T., Lopes, B., Sousa, P., Catarina Sousa, A., Damásio Alvites, R., y Colette Maurício, A. (2024). Biomechanical Basis of Bone Fracture and Fracture Osteosynthesis in Small Animals. En A. Barkaoui (Ed.), *Biomechanical Insights into Osteoporosis*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.112777>
- Alonso, J. C., Dieuleveut, T., Palacín, C., Abril-Colón, I., Uceró, A., y Lucas, C. (2023). Morphometrics of Houbara Bustards *Chlamydotis* spp: Sexual Size Dimorphism, Seasonal Changes and Differences between Species. *Ardeola*, 70(2), 271-283. <https://doi.org/10.13157/arla.70.2.2023.sc2>
- Bailey, T. A. (2008). Anaesthesia and surgery. En T. A. Bailey (Ed.), *Diseases and medical management of Houbara bustards and other otididae* (pp. 149-164). National Avian Research Center
- Bueno, I., Redig, P. T., y Rendahl, A. K. (2015). External skeletal fixator intramedullary pin tie-in for the repair of tibiotarsal fractures in raptors: 37 cases (1995-2011). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 247(10), 1154–1160. <https://doi.org/10.2460/javma.247.10.1154>
- Carrasco, D. C. (2019). Fracture Management in Avian Species. *Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice*, 22(2), 223-238. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2019.02.002>

- Carrasco, D. C., Shimizu, N., y Forbes, N. A. (2018). Avian orthopaedic surgery part 2: Assessment, options, conservative management. *Companion Animal*, 23(2), 64-72. <https://doi.org/10.12968/coan.2018.23.2.64>
- Colpani, F., Costa, A., Fernanda, da, Candido, C., Flávia, P., de, S., Caetano, S., y Teixeira, R. (2021). Use of reconstruction plate and intramedullary pin for repair of a tibiotarsus fracture in a red-legged seriema (*Cariama cristata*, Linnaeus, 1766): Case report. *International Journal of Veterinary Science and Research*, 057-059. <https://doi.org/10.17352/ijvsr.000080>
- Dolman, P. M., Collar, N. J., y Burnside, R. J. (2018). Captive breeding cannot sustain migratory Asian houbara *Chlamydotis macqueenii* without hunting controls. *Biological Conservation*, 228, 357-366. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.10.001>
- Dolman, P. M., Scotland, K. M., Burnside, R. J., y Collar, N. J. (2021). Sustainable hunting and the conservation of the threatened houbara bustards. *Journal for Nature Conservation*, 61, 126000. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2021.126000>
- Gray, J. E., Hardwicke, T., y Hawkins, B. W. (1832). *Illustrations of Indian zoology; chiefly selected from the collection of Major-General Hardwicke ...* Treuttel, Wurtz, Treuttel, Jun. and Richter. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.95127>
- Guzman, D. S.-M., Bubenik, L. J., Lauer, S. K., Vasanjee, S., y Mitchell, M. A. (2007). Repair of a coracoid luxation and a tibiotarsal fracture in a bald eagle (*Haliaeetus leucocephalus*). *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 21(3), 188-195. [https://doi.org/10.1647/1082-6742\(2007\)21\[188:ROACLA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1647/1082-6742(2007)21[188:ROACLA]2.0.CO;2)
- Harcourt-Brown, N. (2000). *Birds of prey: Anatomy, radiology and clinical conditions of the pelvic limb* [CD-ROM]. Zoological Education Network. Chapter 3: Orthopaedic Conditions.
- Hatt, J.-M., Christen, C., y Sandmeier, P. (2007). Clinical application of an external fixator in the repair of bone fractures in 28 birds. *Veterinary Record*, 160(6), 188-194. <https://doi.org/10.1136/vr.160.6.188>
- Hawkins, M. G., Guzman, D. S.-M., y Paul-Murphy, J. (2019). General Principles of Analgesia and Anesthesia in Wildlife. En *Medical Management of Wildlife Species* (pp. 45-73). John Wiley y Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119036708.ch5>
- Hollamby, S., DeJardin, L. M., Sikarskie, J. G., y Haeger, J. (2004). Tibiotarsal fracture repair in a bald eagle (*haliaeetus leucocephalus*) using an interlocking nail. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 35(1), 77-81. <https://doi.org/10.1638/02-086>

- International Fund for Houbara Conservation. (s.f.). *International Fund for Houbara Conservation*. Recuperado 15 de junio de 2024, de <https://houbarafund.gov.ae/>
- Johnston, M. S., Thode, H. P., y Ehrhart, N. P. (2008). Bone Transport Osteogenesis for Reconstruction of a Bone Defect in the Tibiotarsus of a Yellow-naped Amazon Parrot (*Amazona ochrocephala auropalliata*). *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 22(1), 47-56. <https://doi.org/10.1647/2007-006R.1>
- König, H. E., Maierl, J., Liebich, H.-G., y Korbelt, R. (2016). Pelvic limb. En H. E. König, R. Korbelt, y H.-G. Liebich (Eds.), *Avian anatomy: Textbook and colour atlas* (2nd ed., pp. 62-82). 5m Publishing.
- Korbelt, R., Liebich, H.-G., y Meinersl, M. (2016). Surgical fracture management. En H. E. König, R. Korbelt, y H.-G. Liebich (Eds.), *Avian anatomy: Textbook and colour atlas* (2nd ed., pp. 309-321). 5m Publishing.
- Korrida, A., Gutiérrez, J. P., Aggrey, S. E., y Amin-Alami, A. (2013). Genetic variability characterization of the moroccan houbara bustard (*Chlamydotis undulata undulata*) inferred from pedigree analysis: Moroccan Houbara Pedigree Analysis. *Zoo Biology*, 32(4), 366-373. <https://doi.org/10.1002/zoo.21030>
- Koshkin, M. A., Burnside, R. J., Collar, N. J., Guilherme, J. L., Showler, D. A., y Dolman, P. M. (2016). Effects of habitat and land use on breeding season density of male Asian Houbara *Chlamydotis macqueenii*. *Journal of Ornithology*, 157(3), 811-823. <https://doi.org/10.1007/s10336-015-1320-4>
- Launay, F., Roshier, D., Loughland, R., y Aspinall, S. J. (1997). Habitat use by houbara bustard (*Chlamydotis undulata macqueenii*) in arid shrubland in the United Arab Emirates. *Journal of Arid Environments*, 35(1), 111-121. <https://doi.org/10.1006/jare.1995.0136>
- Lavee, D. (1988). Why is the Houbara *Chlamydotis undulata macqueenii* still an endangered species in Israel? *Biological Conservation*, 45(1), 47-54. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(88\)90051-1](https://doi.org/10.1016/0006-3207(88)90051-1)
- Muller, M., y Nafeez, J. M. (2007). *A new approach for tibiotarsal fractures in falcons with the FixEx tubulaire Type F. E. S. S. A system*. <https://www.semanticscholar.org/paper/A-new-approach-for-tibiotarsal-fractures-in-falcons-Muller-Nafeez/76d2db73098ca7324186b14afe8a7ccf8bb8f3e9>
- Nabi, G., Ullah, R., Khan, S., Nawsherwan, Amin, M., y Rauf, N. (2019). The Asian Houbara Bustard (*Chlamydotis macqueenii*): On an accelerating path to extinction? *Biodiversity and Conservation*, 28(5), 1301-1302. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01727-6>

- Naldo, J. L., Bailey, T. A., y Samour, J. H. (2000). Radiographic analysis of the growth rate of long bones in bustards. *Research in Veterinary Science*, 69(3), 233-240. <https://doi.org/10.1053/rvsc.2000.0416>
- Naldo, J. (2008). Radiology of Bustards. En T. A. Bailey (Ed.), *Diseases and medical management of Houbara bustards and other otididae* (pp. 117-136). National Avian Research Center.
- Newton, C. D., y Nunamaker, D. M. (Eds.). (1985). *Textbook of small animal orthopaedics*. Lippincott Williams and Wilkins.
- Orosz, S. E., Echols, M. S., y Redig, P. T. (2023). Anatomy of the Pelvic Girdle and Leg. En S. E. Orosz, M. S. Echols, y P. T. Redig (Eds.), *Avian surgical anatomy and orthopedic management* (2nd ed., pp. 255-358). Teton NewMedia.
- Orosz, S. E., Echols, M. S., y Redig, P. T. (2023). General Considerations for Management of Fractures. En S. E. Orosz, M. S. Echols, y P. T. Redig (Eds.), *Avian surgical anatomy and orthopedic management* (2nd ed., pp. 33-58). Teton NewMedia
- Orosz, S. E., Echols, M. S., y Redig, P. T. (2023). Surgical Approaches to the Leg. En S. E. Orosz, M. S. Echols, y P. T. Redig (Eds.), *Avian surgical anatomy and orthopedic management* (2nd ed., pp. 359-394). Teton NewMedia.
- Pakniat, D., Hemami, M.-R., Shahnaseri, G., Maleki, S., Adibi, M.-A., Besmeli, M. R., Sehatisabet, M. E., Abbasian, H., Akbari, H., y Tohidi, M. (2021). The potential distribution of wintering and breeding populations of Asian Houbara *Chlamydotis macqueenii* in Iran. *Bird Conservation International*, 31(1), 151-165. <https://doi.org/10.1017/S0959270920000167>
- Redig, P. (2005). *Orthopedic management of leg fractures*. The North American Veterinary Conference. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20053197553>
- Reneco International Wildlife Consultants. (s. f.). *Reneco International Wildlife Consultants* - Consulting company specialised in the conception, building and management of wildlife conservation programmes. [https://linktr.ee/reneco\\_consultants?utm\\_source=qr\\_code](https://linktr.ee/reneco_consultants?utm_source=qr_code)
- Rothschild, W. y Hartert, E. (1894). On a new Bustard from the Palearctic Region. *Novitates zoogilacae*.
- Sabater González, M. (2019). Avian Articular Orthopedics. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 22(2), 239-251. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2019.01.005>

- Samour, J., Redig, P. T., y Ponder, J. (2016). Orthopedic Surgery. En J. Samour (Ed.), *Avian medicine* (3rd ed., pp. 312-358). Elsevier.
- Sarma, K., Sasan, J., y Suri, S. (2018). Gross anatomy and biometry on tibiotarsus, fibula and tarsometatarsus of indian eagle owl (*bubo bengalensis*). *Exploratory Animal and Medical Research*, 8 (1), 123-127. <https://doi.org/10.53906/exploratory.2018.v8i1.1>
- Speer, B. L., Rubin, J. A., Runge, J. J., Mison, M., Mehler, S., Echols, M. S., Lam, N. K. Y., Bennett, R. A., Ponder, J. B., y Redig, P. (2016). Surgery. En B. L. Speer (Ed.), *Current therapy in avian medicine and surgery* (1st ed., pp. 631-668). Elsevier.
- The IUCN Red List of Threatened Species.* (s. f.). IUCN Red List of Threatened Species. Recuperado 15 de junio de 2024, de <https://www.iucnredlist.org/en>
- Tully, T. N. (2002). Basic avian bone growth and healing. *The Veterinary Clinics of North America. Exotic Animal Practice*, 5(1), 23-30. [https://doi.org/10.1016/s1094-9194\(03\)00044-6](https://doi.org/10.1016/s1094-9194(03)00044-6)
- Van Wettère, A. J., Redig, P. T., Wallace, L. J., Bourgeault, C. A., y Bechtold, J. E. (2009). Mechanical evaluation of external skeletal fixator-intramedullary pin tie-in configurations applied to cadaveral humeri from red-tailed hawks (*Buteo jamaicensis*). *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 23(4), 277-285. <https://doi.org/10.1647/1082-6742-23.4.277>
- Wander, K. (2019). External Fixators. En A. M. Sylvestre (Ed.), *Fracture Management for the Small Animal Practitioner* (1.<sup>a</sup> ed., pp. 235-243). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119215950.ch22>
- Weinstein, J., y Ralphs, S. C. (2004). External coaptation. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*, 19(3), 98-104. <https://doi.org/10.1053/j.ctsap.2004.09.001>
- Wright, L., Mans, C., Olsen, G., Doss, G., Amene, E. W., Britsch, G., Christman, J., y Heatley, J. (2018). Retrospective Evaluation of Tibiotarsal Fractures Treated With Tape Splints in Birds: 86 Cases (2006–2015). *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 32(3), 205-209. <https://doi.org/10.1647/2016-2241>
- Yousefi, M., Ahmadi, M., Nourani, E., Rezaei, A., Kafash, A., Khani, A., Sehhatiasabet, M. E., Adibi, M. A., Goudarzi, F., y Kaboli, M. (2017). Habitat suitability and impacts of climate change on the distribution of wintering population of Asian Houbara Bustard *Chlamydotis macqueenii* in Iran. *Bird Conservation International*, 27(2), 294-304. <https://doi.org/10.1017/S0959270916000381>