



**Universitat de les  
Illes Balears**

# Efectivitat de la teràpia manual post-tractament quirúrgic en fractures de cintura escapular d'aus silvestres.

Alumne: Joan Bernat Gual Cifre

DNI: 41524010-V

Tutor: Iosune Salinas Bueno

## **Memòria del Treball de Fi de Grau**

Estudis de Fisioteràpia de la

UNIVERSITAT DE LES ILLES BALEARS

Curs acadèmic 2014-2015

Paraules clau: *“hawks”, “birds”, “fracture”, “humerus”*

Cas de no autoritzar l'accés públic al TFG, marki la següent casella:

## **Resum**

Avui en dia són molts els animals salvatges que sofreixen accidents o trastorns músculo-esquelètics que els impedeixen seguir amb la seva vida normal de caçadors o rapinyaires en plena natura. El fet de treballar amb fauna salvatge o silvestre involucra tota una sèrie de passes a l'hora d'elaborar protocols o plans de rehabilitació com per exemple temps correctes de maneig o el control de l'estrès. Degut a la falta de bibliografia i informació de la que es disposa al COFIB (ConSORCI per la Recuperació de la Fauna de les Illes Balears) es preveu imprescindible realitzar una recerca damunt aquest tema per a millorar els tractaments que es realitzen. La zona més afectada en aquests trastorns és la cintura escapular i les extremitats superiors, per tant és la zona de la que urgeix obtenir més informació, concretament de l'anatomia d'aquests éssers i la musculatura que està implicada en aquest procés de recuperació, a més de l'aplicació biomecànica durant la seva activitat més funcional: el vol. L'aplicació de la fisioteràpia en fauna salvatge avui en dia es quasi experimental i per tant serà de gran utilitat obtenir informació sobre teràpies alternatives que no siguin invasives i puguin evitar el quiròfan a qualque au. En cas contrari, es important determinar quines són les combinacions de tècniques que assegurin un correcte maneig de les fractures.

## **Introducció**

Avui en dia la recuperació en animals és un tema que va en creixement. Ja s'ha de tenir en compte la importància que es comença a donar a la recuperació de la fauna, ja sigui domèstica o salvatge. En els darrers anys els camps de la veterinària, la biologia i la fisioteràpia han intentat anar de la mà per encaminar els processos d'investigació cap a tractaments determinats, segurs i efectius en la rehabilitació de trastorns músculo-esquelètics o nerviosos que poden afectar als animals que ens envolten.

Malgrat d'aquests grans avenços en la investigació de la rehabilitació per animals, aquesta s'ha produït més en el terreny dels animals domèstics. Alguns exemples són: gossos o moixos; animals de granja tals com cavalls, pollastres, bous o vedelles; o inclús animals de companyia tan exòtics com, per exemple, serps o iguanes. En canvi, les investigacions en el món de la fauna silvestre està més embullada i encallada.

Són molts els animals salvatges que anualment sofreixen accidents o trastorns músculo-esquelètics que els impedeixen seguir amb la seva vida normal de caçadors o

rapinyaires en plena natura. En grans ocasions aquests accidents venen causats per traumatismes provocats per l'home. Per exemple: atropellaments de cotxe, trampes estratègiques o perdigons de caçadors, entre molts d'altres.

Aquest Treball de Fi de Grau es centra única i exclusivament en el camp de la fauna silvestre, més concretament en les aus silvestres que podem trobar a molts indrets de les Illes Balears. És una feina de col·laboració juntament amb el COFIB (Consorti per la Recuperació de la Fauna de les Illes Balears) per a intentar millorar la tasca que realitzen els biòlegs del centre en la recuperació d'aquests animals.

Les principals competències d'aquesta organització són: recuperació de la fauna silvestre, rescat d'espècies CITES o exòtiques, centre d'acollida de mascotes exòtiques. També es realitzen diferents programes d'Educació Ambiental, Investigació i Crià en captivitat de distintes espècies salvatges.

Fa ja cinc anys que des del COFIB es venen realitzant teràpies de rehabilitació a animals recuperats al centre. L'evolució dels tractaments i protocols, així com l'experiència adquirida durant aquest temps fan de la rehabilitació una eina fonamental a l'hora de poder aconseguir l'objectiu de tot centre de recuperació de fauna salvatge. Aquest no es més que l'alliberació o retorn al medi natural de l'animal en les millors condicions físiques possibles.

El fet de treballar amb animals salvatges implica tota una sèrie de passes a l'hora d'establir protocols o plans d'actuació i rehabilitació, com per exemple: temps de maneig, control de l'estrès que pugui sofrir l'animal, predisposició o no col·laboració de l'animal...

El 95% de la rehabilitació que es realitza al centre de recuperació es fa en aus, ja que els mamífers que arriben al centre són de molt difícil maneig amb certes garanties de seguretat i eficiència. Per tant, la població establerta en aquesta investigació són les aus silvestres, tals com els falcons, les òlibes, les àguiles o els mussols. La gran majoria d'aquests animals necessiten una recuperació (normalment amb tractament quirúrgic) que per a ells ha de ser efectiva, ja que una correcta o incorrecta rehabilitació d'aquest trastorn els permetrà seguir essent caçadors i poder sobreviure o, al contrari, ser dèbils i morir.

Sens dubte, la zona que amb més probabilitats es troba afectada en lesions és la cintura escapular i les extremitats superiors (ales). Per tant, per la casuística i complexitat és l'articulació més important i és de la que més urgeix la recollida d'informació.

L'aplicació de fisioteràpia en aus salvatges és quasi experimental i en molts pocs països es duu a terme. Així que tota la informació sobre tècniques i/o teràpies aplicables en aquests animals podria ser de gran utilitat.

L'opció d'introduir qualsevol tipus de tractament conservador mitjançant la fisioteràpia o qualsevol altre tipus de teràpia física és un punt a tenir en compte. En el tractament post-quirúrgic que es durà a terme en l'animal, hauria de ser important poder aplicar alguna teràpia alternativa, ja sigui manual o instrumental. Aquest fet ha de poder facilitar o retallar els temps de recuperació de l'animal després de l'operació. En cas contrari, s'hauria de descartar aquesta opció.

Per tant, és important establir unes bones línies d'investigació. L'objectiu és determinar unes pautes a l'hora de considerar el tipus de tractament més indicat per aquest animals tenint en compte tots els factors possibles en la fractura. Així mateix, aquestes directrius podran establir un estalvi tant en la possible feina que hauran de dur a terme els biòlegs o recuperadors del centre així com un estalvi econòmic tant en la gestió de material quirúrgic com farmacològic. En definitiva, exprimir al màxim les condicions de les que disposa el centre.

### **Objectius del treball**

L'objectiu principal d'aquest treball és establir la possible efectivitat que pugui tenir la teràpia manual o tractament conservador enfront de les tècniques quirúrgiques i invasives.

A partir d'aquí, i com a objectius més específics, s'intentarà establir quins són els mètodes conservadors més efectius per a la recuperació de la fauna silvestre. En el cas de que no es pugui determinar aquest objectiu, s'intentarà determinar quin és el mètode quirúrgic menys agressiu i més efectiu per tractar aquests trastorns músculo-esquelètics.

### **Estratègia de recerca bibliogràfica**

Les bases de dades usades per a realitzar la recerca bibliogràfica pertanyen al camp de les ciències de la salut i la biologia. Concretament, s'han utilitzat aquelles bases de

dades que contenen articles científics en el terreny de la medicina, la veterinària, la zoologia i teràpies afins a la fisioteràpia. Les bases de dades emprades són: *PubMed* (base de dades a nivell internacional que recull les principals publicacions en el camp de la medicina i la veterinària), *Agrícola* (base de dades bibliogràfica de la National Agricultural Library. Els registres descriuen recursos i publicacions en el camp de la zoologia i la veterinària), *Medline (WOS)*(base de dades a nivell internacional que recull les principals publicacions en el camp de la medicina i la veterinària) i *IBECS* (base de dades que recull les publicacions nacionals en els diferents camps de les ciències de la salut). A més de la recerca en aquestes bases de dades, s'han realitzat recerques a la plataforma de recerca *Google Acadèmic* per a trobar articles que apareixien com a referència bibliogràfica a qualche article però que no es trobava durant la recerca mitjançant les bases de dades esmentades anteriorment i altres articles s'han obtingut a través de la plataforma digital *BioOne* (Plataforma d'accés a revistes científiques de disciplines com veterinària i ciències biològiques).

Parlant de descriptors. Primer de tot, hem d'especificar que no hem obtingut els descriptors principals del DECS (Descriptors en Ciències de la Salut), ja que no s'ha trobat cap paraula que s'assembli a “fauna silvestre”, “fauna salvatge”, “animal salvatge”, “silvestre” o terme lingüístic semblant. Per tant, basant-nos en les recomanacions del COFIB, s'ha decidit establir la recerca mitjançant dos descriptors nous: “falcó” i “ocell”.

El descriptor elegit per a referir-nos a la zona afectada que ens interessa (cintura escapular) ha estat en aquest cas “húmer”, ja que més exactament és l'os que ens interessa estudiar. Això és degut a que el descriptor de “cintura escapular” com a tal no va establir els resultats desitjats durant la recerca bibliogràfica. Per tant, es decideix adoptar aquest nou descriptor per acotar una mica més la recerca.

Finalment tenim el descriptor que ens indica la lesió que hem d'investigar. En aquest cas, al tractar-se de fractures de l'ala o cintura escapular, decidim el descriptor “fractura”.

Per tant, els descriptors elegits finalment són:

- Falcons → “*hawks*”
- Ocells → “*birds*”

- Húmer → “*humerus*”
- Fractura → “*fracture*”

A l’hora de realitzar la recerca bibliogràfica a les bases de dades, la combinació d’operadors booleans juntament amb els descriptors, sense tenir en compte els criteris d’inclusió i exclusió, és la següent:

(“*Hawks*” OR “*birds*”) AND “*humerus*” AND “*fracture*”

Com a criteris d’inclusió, s’han tingut en compte els següents factors: s’han escollit tots aquells articles dels quals la població diana escollida per l’estudi eren animals de tall salvatge o similars. Alguns exemple poden ser falcons, àguiles, òlibes o coloms que, encara que siguin animals que viuen a la ciutat no solen ser ocells de companyia i posseeixen una anatomia semblant (però no tan poderosa) als falcons; s’han inclosos tots els articles independentment de la data de publicació. Malgrat de que alguns d’ells puguin tenir una evidència científica molt baixa o quasi nul·la degut a que les tècniques han avançat i han canviat, el fet d’haver obtingut molts pocs resultats durant la recerca ens ha obligat a considerar-ho com un factor d’inclusió.

En quant als criteris d’exclusió, s’han descartat tots aquells articles on les poblacions experimentals són animals no esmentats en els criteris d’inclusió i tenen un perfil de vida més domèstic o lligat a l’èsser humà (gallines o ànecs entre d’altres).

### **Resultats de la recerca bibliogràfica**

A la base de dades *PubMed* la recerca d’articles mitjançant la combinació de booleans ens ha proporcionat 30 articles. D’aquests 30 articles s’han escollit un total de 5 articles per aquesta investigació. Més concretament, són quatre assajos clínics amb població marcada i un metaanàlisi. El grau d’evidència en tots els assajos clínics és mig-baix. Concretament, en dos dels assajos clínics deduïm que és relativament baix degut a que es van publicar l’any 1994 i 1998; els altres dos, al ser dels anys 2008 i 2009, posseeixen un grau d’evidència més alt. Això és degut a que les investigacions en els darrers anys han avançat i han canviat la manera de realitzar les tècniques; el metaanàlisi és l’article que conté un nivell d’evidència més alt. Aquests cinc articles investiguen sobre el mètode de fixació més efectiu per al tractament de les fractures, encara que en dos dels assajos clínics la població estudiada és en aus vives i en els altres dos es realitza en cadàvers.

A la base de dades *Medline (WOS)* la combinació de booleans ens proporciona en total 9 articles per l'estudi. D'aquests se n'escullen 4, però finalment queden en 2 perquè l'altre meitat són articles que ja s'han trobat a la base de dades *Pubmed* i que, per tant, ja s'han escollit. Un dels articles és un assaig clínic. Obtenim un nivell baix d'evidència degut al tipus de publicació científica que és i a que el seu any de publicació és el 2014 i es va realitzar a la zona de Malàisia i Emirats Àrabs. Allà la investigació i cura de la fauna silvestre és major que aquí; l'altre article és una revisió sistemàtica publicada l'any 1979. Per tant, obté un nivell d'evidència en principi alt pel tipus de publicació que és. Malgrat això, el fet de que la data de publicació sigui tan antiga, fa que el nivell d'evidència real d'aquesta revisió quedi en dubte. Ambdues publicacions informen sobre el maneig de les fractures en les aus silvestres.

De la base de dades *Agrícola* s'obtenen un total de 23 resultats durant la recerca, dels quals s'escullen 4 articles. 3 d'ells són assajos clínics. Segons el tipus de publicació podem dir que el grau d'evidència es mig-baix. En canvi, els establim amb graus variables d'evidència perquè els seus anys de publicació són 1987, 1997 i 2007 respectivament. Per tant va de menor a major nivell d'evidència científica; l'article restant és un metaanàlisi publicat l'any 2012 (nivell d'evidència alt). Tots aquests articles fan referència a l'estudi de la musculatura implicada tant en el procés de vol com durant el maneig de la fractura.

A la base de dades *IBECs*, malgrat la seva dedicació en el camp de les ciències de la salut, no s'ha trobat cap article amb la combinació de booleans establerta. Per tant, no s'ha pogut obtenir cap tipus d'informació ni referència bibliogràfica procedent d'aquesta base de dades.

Finalment, l'article restant s'obté mitjançant la plataforma *Google Acadèmic*. És degut a que es fa una recerca en format "bolla de neu" després d'obtenir referència de diferents articles a través de la bibliografia existent fins al moment. El nivell d'evidència no es pot assegurar degut a que no s'observa data de publicació, ni tan sols de la revista del qual forma part aquest article, però tot fa indicar que es pot tractar d'un nivell d'evidència relativament mig o baix. L'article en qüestió fa referència a l'anatomia i les principals característiques que formen els cossos de les aus, tant silvestres com domèstiques.

## **Discussió**

Ha estat impossible determinar quins són els tractaments afins a la fisioteràpia més efectius per al tractament post-quirúrgic en les aus silvestres. Ni tan sols ha sorgit cap tipus d'informació sobre cap aplicació de la fisioteràpia en la fauna silvestre. En aquest sentit, al haver estat una recerca totalment nul·la en relació a l'aplicació de la fisioteràpia, establirem una conclusió que relacioni la major part dels conceptes i de les pautes que s'han de tenir en compte per a la intervenció quirúrgica, tals com l'anatomia de les aus silvestres, el procés de vol, la importància de la musculatura i la millor combinació d'instrumental per a elegir la millor tècnica d'intervenció quirúrgica.

### *Anatomia*

El desconeixement que es té de les característiques que formen l'anatomia de les aus silvestres ha implicat una gran dificultat per al tractament de les fractures en aquests petits animals.

A l'anatomia de la gran majoria d'aus, tant silvestres com domèstiques, cal destacar el seu sistema esquelètic<sup>3</sup>. Aquest és fonamentalment i significativament diferent de l'esquelet que posseeixen altres éssers vius com, per exemple, els nostres homòlegs mamífers. En les aus es compten amb una gran majoria d'adaptacions dissenyades bàsicament per a una reducció de pes. Aquesta reducció de pes està destinada a que els pugui permetre una major economia i efectivitat a l'hora de realitzar una activitat que per a ells és rutina i motiu de supervivència: el vol.

Les aus tenen unes corticals òssies molt primes i amb molta capacitat de deformació i, indirectament, amb molt risc de lesió o fractura. Els ossos<sup>3</sup> de les aus tenen una composició mineral major si la comparem amb els ossos dels mamífers. Això desencadena en un increment en la incidència de fractures comminutes obertes amb molts fragments ossis, en ocasions molt esmolats. Aquests fets poden tenir un caràcter traumàtic si rodegen qualque teixit tou. És més, el fet de que tinguin unes corticals òssies molt més fines comporta riscos en la capacitat de sosteniment dels dispositius de fixació. Es diu que la gruixa de la cortical d'un os ha de ser, com a mínim, dues vegades superior a la gruixa del pas de rosca de la fixació escollida per a poder obtenir una estabilitat adequada.

Posseeixen una estructura reticulada i "monocasc". Els ossos d'aus depenen molt menys de la massa que els mamífers i més en la seva estructura, fet que els proporciona una



força inherent major. Al parlar d'estructura monocasc<sup>3</sup>, ens referim a que són ossos formats per una única peça. Són semblants a una construcció com una closca d'ou o el fusellatge d'un vaixell i poden suportar càrregues a través de la pell externa tan pròxima a l'os. Aquests són extremadament forts quan les forces que actuen sobre ells s'apliquen en la direcció correcta però, en canvi, són fàcilment vulnerables una vegada que la pell que els recobreix es trenca.

En les aus, la majoria de vertebres, costelles i ossos de la pelvis i la zona esternal són envaïdes per diferents parts de l'anomenat "sistema de borses d'aire". Aquest sistema substitueix a la medul·la òssia que coneixem com a part del nostre sistema nerviós. Això és el que es coneix com a neumatització<sup>3</sup>. Els ossos de les extremitats, en el cas de les aus, varien molt en el seu grau de neumaticitat però, en la majoria de les espècies, s'inclouen l'húmer i el fèmur. Això té implicacions per a la cirurgia, ja que durant el procés de ventilació que es pugui produir durant una intervenció quirúrgica, el rentat excessiu de la zona pot provocar l'entrada d'organismes patògens de caire respiratori que entrin a l'organisme de l'animal a través del sistema respiratori. Com a tal, aquesta entrada de patògens pot derivar en nombroses infeccions per a l'animal i afectar seriosament al període de recuperació i tractament posterior de l'animal.

Aquestes espècies voladores posseeixen un recobriment mínim de teixits tous<sup>3</sup>. Hi ha una escassetat molt marcada de teixit tou que està al voltant dels ossos llargs del cos. Aquests limiten la protecció i incrementen la possibilitat d'obtenir dany neuro-vascular i una exteriorització de fragments ossis o fractures obertes. En canvi, malgrat aquests punts negatius, això pot ser una gran avantatge per la recuperació de la fauna: implica un accés més fàcil a la zona de fractura per part del metge o biòleg que realitzi la intervenció quirúrgica. Això farà que la manipulació quirúrgica i la tècnica de reducció sigui menys exigent per ambdues parts, tant humana com animal.

Les plomes<sup>3</sup>, que formen part innata del cos de totes les espècies d'aus que coneixem, poden ser molestes i confondre a l'humà quan s'estan preparant totes les coses per a una intervenció quirúrgica. L'acció de desplomar una part del cos de l'animal durant la preparació del quiròfan s'ha de realitzar amb molta cura per evitar un major dany a la zona traumatitzada. Això és perquè la pell, com ja hem comentat, és un bé molt escàs especialment en les extremitats. En canvi, les plomes poden ser realment útils a determinades zones de les extremitats,

especialment en les fractures dels metacarpians i el cúbit. Al estar directament unides al periosti ofereixen un alt grau de suport.

Les aus no tenen cap font disponible d'os esponjós<sup>3</sup> en el seu cos, encara que alguns estudis han comprovat que hi ha una petita part de l'estern que està formada per aquest tipus d'ossificació. Afortunadament, aquest tipus de fauna té una gran capacitat de formació de call ossi i, en ocasions, de manera autògena, l'excés de call ossi pot ser recollit i reutilitzat per a fomentar l'osteosíntesi a aquelles zones del cos on pugui existir un lleuger dèficit.

En un estudi sobre la capacitat de curació en una fractura transversa de cúbit<sup>8</sup>, provocada de manera intencionada en coloms, Tunio et al intenta observar el que passa en la recuperació de l'os durant 3, 6 i 12 setmanes mitjançant tres grups de control. En aquestes fractures, reduïdes mitjançant una fixació externa, s'observa (amb control radiogràfic): que en el primer grup de control (n=4 coloms) a les tres setmanes ja hi ha una unió secundària de la fractura òssia en tots els ocells examinats, on en el 100% d'ells s'ha produït un grau de curació que implica un petit call ossi en forma de pont. En canvi, la línia de fractura estava absent en la meitat dels subjectes examinats i l'altre meitat tenien una línia de fractura lleugerament visible. El call ossi mínim es va produir en el 75% (3/4) dels ocells, mentre que un d'ells va experimentar un call ossi bastant prominent; en el segon grup de control (n=4 coloms), a les 6 setmanes, el control radiogràfic mostra que el procés de formació del call ossi que uneix la fractura ha acabat. La línia de fractura no està present en cap dels subjectes examinats (4/4). En la meitat dels ocells existeix un bon alineament axial dels ossos, mentre que l'altre meitat dels subjectes és bastant pobre; en el darrer grup de control de l'estudi (n=4 coloms), el control radiogràfic mostra una excel·lent unió òssia i completa curació amb un call ossi mínim, quasi indetectable en tots ells. La remodelació del call ossi s'ha produït en la meitat dels coloms controlats, mentre que en l'altre meitat es veu una unió callosa tant a la part proximal com a la distal de l'os.

### *El procés de vol*

L'acció de volar, per a qualsevol espècie d'au, és una activitat que forma part de la seva rutina. A més té la principal funció de ser el mecanisme mitjançant el qual les aus es desplacen d'un punt "A" a un punt "B". Per tant, és un procés que té molta importància,

el qual s'ha de tenir molt en compte per a determinar si un falcó o una àguila ja està recuperat totalment.

El vol que realitzen totes les aus es pot dividir en dues parts<sup>2,6,12</sup> ben diferenciades: la fase de descens o depressió de l'ala (en anglès "downstroke") i l'ascens de l'ala (en anglès "upstroke").



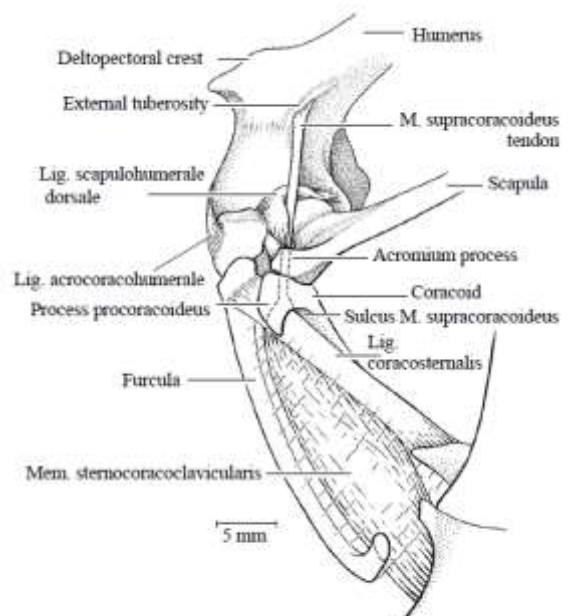
Procés de vol

Al principi de la fase de descens<sup>2</sup>, l'húmer s'abdueix pròxim a una posició totalment vertical. Aquest fa una retracció i es projecta<sup>6</sup> posteriorment per a formar un angle obtús de 120° amb el cos. Posteriorment, durant la primera meitat d'aquesta fase, l'húmer fa una adducció per a col·locar l'ala en una posició horitzontal. Al mateix temps, l'húmer pron i s'allarga. A la segona meitat del procés, les ales es mouen en direcció cap a endavant i avall, gracies en part a l'allargada de l'húmer i a l'adducció. Mentrestant, l'articulació del colze i el canell romanen en extensió.

Per altre part, la fase d'ascens<sup>2</sup> es pot dividir en unes tres fases més: la primera està marcada per una inversió del moviment humeral que ocorre en un moment de balanceig anterior de l'ala. Posteriorment l'húmer s'eleva ràpidament mentre que el canell i el colze es flexionen. La darrera fase, preparatòria per a reiniciar el procés de depressió de l'ala, es caracteritza per una extensió de l'ala. Aquí l'húmer s'allarga uns quants graus i s'abdueix totalment, mentre que l'extensió al canell i al colze és més que evident.

*El paper de la musculatura*

Els ocells tenen característiques úniques degut a la seva capacitat d'adaptació per a realitzar el procés de vol com són ossos amb capacitat pneumàtica, la fusió dels ossos i una prima i fràgil cortical degut al seu alt contingut en calci. A part del paper del



Vista postero-medial de l'ala dreta

moviment que realitza la musculatura<sup>2,5,6,7</sup>, també intervé en el camp protector de l'articulació, més concretament de l'húmer. Encara que, comparat amb els animals mamífers (els quals posseeixen una musculatura nombrosa i, en ocasions, potent), les aus no tenen una musculatura tan nombrosa, però sí que de gran importància, sobretot la del membre superior dels ocells per a realitzar de manera correcta el vol. En concret, destaca la importància<sup>7</sup> de dos músculs al voltant de l'húmer: el múscul *supracoracoideus* i el múscul *pectoralis*.

El múscul *supracoracoideus*<sup>6,7</sup> (a partir d'ara el denominarem SC) és el segon més prominent de la musculatura de rodeja l'ala de l'ocell<sup>6</sup>. A part, és el principal múscul en el mecanisme d'aixecar l'ala per realitzar el procés de vol<sup>6</sup> i, a l'hora és l'antagonista de l'acció per baixar l'ala per tornar a la posició neutra de la mateixa. El SC està actiu<sup>7</sup> en tots els modes i velocitats de vol i, amb pràctica, els ocells poden aterrar sense usar aquest múscul. La principal acció d'aquest múscul és supinar l'húmer durant la transició entre el descens i l'ascens de l'ala. Les dades de l'electromiografia<sup>7</sup> (EMG) demostren que aquest múscul descelera l'ala durant la part final del descens d'aquesta part del cos i que posteriorment reaccelera l'ala durant el principi de l'ascens d'aquesta.

El pectoral<sup>2,5,7</sup>, per la seva part, és el múscul més gran d'un ocell i actua com el principal múscul depressor de l'ala. Consisteix amb dues parts<sup>2,5</sup> diferenciades: el múscul *sternobrachialis* (SB) i el múscul *thoracobrachialis* (TB), separats per una membrana tendinosa intramuscular. Aquests dos caps<sup>5</sup> tenen diferents orígens, insercions, innervació i orientació fibrosa. Els fascicles del SB<sup>2</sup> s'originen a la cara antero-lateral de la clavícula, al llarg de tota la carina esternal. Aquests fascicles, orientats dorso-ventralment, s'inserten a la cara lateral de la membrana intramuscular i a la cresta deltopectoral de l'húmer. Els fascicles del TB, en canvi, sorgeixen per la cara postero-lateral de l'estern. S'inserten a la part medial de la membrana intramuscular. Com que l'estructura bàsica i l'orientació de les fibres<sup>5</sup> dels dos caps del pectoral és similar al llarg de tota la diversitat d'ocells que coneixem, assumirem la hipòtesi de que funcionalment és idèntic en la gran majoria d'espècies d'ocells. A més, el pectoral dels ocells constitueix un 35% del pes<sup>2</sup> corporal total. L'electromiografia<sup>5</sup> mostra que els patrons d'activació dels dos caps musculars són diferents i tenen distints patrons d'intensitat depenent del comportament del vol. El SB

dels coloms s'activa al principi del descens de l'ala per pronar i retreure l'húmer; el TB s'activa després per completar l'adducció de l'ala i acabar el descens d'aquesta.

Es manegen hipòtesis<sup>7</sup> que determinen que els músculs localitzats més distalment a l'ala són relativament més importants que els situats més proximalment com el pectoral i el SC. No obstant, les proves amb electromiografies per estudiar el desenvolupament de la força muscular en aquests dos músculs, confirmen que tant el pectoral com el SC actuen de manera antagonica per facilitar el control del moviment. Per tant, aquestes hipòtesis queden desmentides.

En un estudi sobre la rotació axial de l'húmer, es demostra que el SC<sup>6</sup> eleva i simultàniament rota l'húmer axialment, un moviment bastant complex per un ocell, però que, a l'hora, la seva interrelació s'ha de tenir en compte. Poore et al va establir que els moviments durant l'ascens de l'ala inclouen la retracció, rotació axial i elevació. La transició ascens-descens de l'ala es caracteritza per l'inici de la retracció, elevació i rotació de l'húmer, flexió del colze i flexo-supinació de l'articulació carpó-metacarpofalàngica. Durant aquest procés l'húmer es retreu al màxim de la seva capacitat i el colze es flexiona al màxim. El final del procés (descens) es caracteritza per una retracció i elevació de l'húmer i l'extensió del colze. Aquests moviments contribueixen al posicionament constant de l'ala durant tot el procés de vol.

#### *Reparació de les fractures en aus silvestres*

Els objectius<sup>11</sup> clàssics en la curació de les fractures en animals voladors són molt semblants a aquells que es tenen en compte per la recuperació dels mamífers:

1. Fixació rígida
2. Bon alineament ossi
3. Bon posicionament de les part òssies implicades
4. Asèpsia o absència de bacteries a l'entorn o fractura
5. Retorn a la activitat funcional, el més aviat millor

És prou important el fet de mantenir la longitud<sup>11</sup> dels ossos afectats en els ocells degut al correcte balanceig que han de tenir aquests animals durant el vol i els complexos mecanismes que formen el procés de vol. Un simple imprevist o maneig incorrecte durant el procés de recuperació d'aquestes fractures pot implicar la no supervivència de la fauna afectada o no retornar al seu medi natural.

Arribar a aconseguir aquests objectius no és una tasca fàcil amb els ocells. La muda dels teixits causa un increment en la tendència dels ossos llargs<sup>11</sup> a fracturar-se. Aquesta “osteoporosis” fisiològica i funcional és deguda a una ampliació dels sistemes Haversians del teixit ossi. El sistema de Havers és la unitat anatòmica i funcional del teixit ossi. Està constituït per un canal de Havers, al voltant del qual s’agrupen petites lamines amb llacunes que contenen cèl·lules òssies, ja siguin osteòcits o osteoblasts. Aquest sistema és característic de l’os compacte. Així com la vascularització dels ossos disminueix, s’incrementa el procés de curació durant les fractures. Aquest problema és significativament pronunciat en les fractures que es produeixen a l’húmer i al fèmur. Probablement la complicació més comú, i que és més difícil evitar, és l’asèpsia. La diminuta massa muscular i la primor de la pell que componen els organismes dels ocells donen lloc, freqüentment, a fractures compostes.

Les fractures a les ales no són tan comuns en els animals domèstic o que estan en captivitat, però ocasionalment tenen alguns problemes associats amb la correcta curació de la lesió.

#### *El fixador esquelètic extern*

Al llarg de la història les fractures d’ossos llargs han estat tractades amb una gran varietat de tècniques<sup>9,10</sup> com: la coaptació externa, perns intra-medul·lars (de diferents materials i composicions), plaques òssies i fixadors externs. No va ser fins a la meitat dels anys 90 quan es varen començar a utilitzar els fixadors externs.

Els fixadors externs posseeixen una gran quantitat d’avantatges per la reparació de fractures en aus. La combinació d’un pern<sup>4</sup> intra-medul·lar juntament amb un fixador extern crea una estructura en forma de “I” amb més capacitat per resistir totes les forces que actuen sobre la zona de fractura. Un pern tot sol és incapaç de resistir les forces de torsió, compressió i cisallament que actuen sobre l’os, forces que sí pot resistir el fixador extern. Per tant, la combinació d’aquests dos elements es preveu imprescindible per aconseguir un bon maneig de les fractures en aus silvestres.

En un estudi sobre l’avaluació mecànica del tractament amb fixadors externs en combinació amb un pern intra-medul·lar<sup>9</sup>, es comproven quatre tipus de combinacions distintes per a veure quina és més efectiva. Aquest determina que la més efectiva és la combinació de quatre perns de fixació (2+2). Dos d’aquests perns es situen a la part

proximal del segment ossi i l'altre pròxima a la zona on es produeix la fractura. Aquesta combinació proporciona una major resistència amb les forces de compressió axial i torsió.

Un altre dels aspectes que es pot estudiar per aconseguir la millor elecció en quant a estabilitzadors per a fractures és la capacitat de bloqueig<sup>1</sup> que pot posseir un fixador extern. Un estudi observa les diferents opcions de perns<sup>4</sup> per a un correcte maneig. Es comparen els perns amb rosca o llisos i les seves propietats. Castiñeiras Perez et al conclou que en les fractures d'húmer els perns amb rosca o rugositat tenen un major poder de bloqueig que els perns llisos, encara que és menor a la metàfisis proximal. A més, les rosques amb menor superfície (4 rosques/mm) tenen una major força de bloqueig en les metàfisis distals i a les diàfisis.

## Conclusions

Degut a la falta de bibliografia existent a les bases de dades, no s'ha pogut confirmar, per una part, la major eficàcia de la teràpia manual o de qualsevol altre tipus de tractament conservador davant d'un tractament quirúrgic per al maneig de les fractures en les aus silvestres. Per altre banda, com es pot imaginar, no s'han pogut determinar quines poden ser les teràpies alternatives que poden ser eficaces durant el tractament posterior a una fractura per així poder evitar l'entrada a quiròfan per part de la fauna.

Per aquests motius s'ha intentat estudiar en major proporció quines són les correctes pautes a tenir en compte per a un correcte maneig de les fractures d'ala en aus silvestres ja que, com hem comentat, d'aquest correcte maneig dependrà el futur d'aquesta fauna. S'estableix la gran importància de preservar un correcte funcionament de la musculatura present a nivell proximal de l'extremitat superior, concretament dels músculs *pectoralis* i *supracoracoideus*, que desenvolupen el paper principal durant totes les fases que componen el complex procés de vol que duen a terme tots els ocells. En quant al material quirúrgic, es conclou que la millor combinació de tècniques per a realitzar una reducció de la fractura és la composta mitjançant un fixador extern i quatre perns de composició rugosa al llarg de l'os fracturat. Aquests dos elements, gracies a la seva sinèrgia, proporcionen una gran capacitat de moviment a l'ala i una gran resistència a les forces de compressió, torsió i cisallament. Això pot ser interessant per a mantenir un bon nivell funcional de l'extremitat de l'animal afectat i que es pugui produir el retorn a l'activitat normal com més aviat millor.

Tot i arribar a aquestes conclusions, es recomana seguir investigant sobretot en el camp de les teràpies alternatives o conservadores perquè es puguin aplicar a aquesta població afectada. De la mateixa manera, és recomanable anar revisant cada 5-10 anys les bases de dades existents en la recerca de nova bibliografia que parli de noves tècniques que puguin substituir les aquí estudiades i que, al mateix temps, puguin ser més efectives per a la recuperació de l'animal i més econòmica pel centre. Això és degut a que gran part de la bibliografia obtinguda és relativament antiga i no està del tot clara la seva evidència científica.

## **Bibliografia**

1. Abrams, C. F., & Pe, P. D. (1998). Holding Power of Different Pin Designs and Pin Insertion, 301–306.
2. Dial, K. P., Kaplan, S. R., Goslow, G. E., & Jenkins, F. a. (1988). A functional analysis of the primary upstroke and downstroke muscles in the domestic pigeon (*Columba livia*) during flight. *The Journal of Experimental Biology*, 134(1977), 1–16.
3. Jones, R. Fracture management in birds. *Veterinary Times*, 18–20.
4. Pérez, E. C., Segade Seoane, M., Villanueva Santamarina, B., & González Cantalapiedra, A. (2008). Comparison of holding power of three different pin designs for external skeletal fixation in avian bone: A study in common buzzard (*buteo buteo*). *Veterinary Surgery*, 37(7), 702–705.
5. Peters, S. E., & Dobbins, C. S. (2012). A comparative study of the mechanics of the pectoralis muscle of the red-tailed hawk and the barred owl. *Journal of Morphology*, 273(3), 312–323.
6. Poore, S., Ashcroft, a, Sánchez-Haiman, a, & Jr, G. (1997). The contractile properties of the M. supracoracoideus in the pigeon and starling: a case for long-axis rotation of the humerus. *The Journal of Experimental Biology*, 200 (Pt 23), 2987–3002.
7. Tobalske, B. W., & Biewener, A. a. (2008). Contractile properties of the pigeon supracoracoideus during different modes of flight. *The Journal of Experimental Biology*, 211(Pt 2), 170–179.
8. Tunio, A., Jalila, A., Meng, G. Y., & Shameha, I. (2014). Experimental fracture healing with external skeletal fixation in a pigeon ulna model. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 1(2), 58–64.



9. Van Wettere, A. J., Redig, P. T., Wallace, L. J., Bourgeault, C. a, & 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.
10. Van Wettere, A. J., Wallace, L. J., Redig, P. T., Bourgeault, C. a, & Bechtold, J. E. (2009). Mechanical evaluation of various external skeletal fixator-intramedullary pin tie-in configurations using a tubular plastic bone model. *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 23(4), 263–276.
11. Westfall, M. L., Egger, E. L., & Egger, E. L. (1979). The Management of Long Bone Fractures in Birds *The Management of Long Bone Fractures in Birds*, 41(2).
12. Yamazoe K, Hibino Ch, Kudo T, Y. T. (1994). The reduction of Humeral fracture in pigeons with intramedullary poly (Methyl Methacrylate) and neutralization plate fixation. *Journal of Veterinary Medicine Science*, 739–745.