



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

# RIPRODUZIONE IN CATTIVITA' DEI RAPACI E CONSERVAZIONE DELLE SPECIE

CAPTIVE BREEDING OF BIRDS OF PREY AND IMPLICATIONS FOR  
SPECIES CONSERVATION

TIPO TESI: COMPILATIVA

Studente:

ALESSANDRO CECCARELLI

Relatore:

DOTT. SIMONE CECCOBELLI

Correlatore:

PROF. MARINA PASQUINI

ANNO ACCADEMICO 2020/2021

# INDICE

RIASSUNTO .....	1
1. INTRODUZIONE .....	2
2. CLASSIFICAZIONE SCIENTIFICA DEI RAPACI.....	4
3. MORFOLOGIA E FISIOLOGIA DELL'APPARATO RIPRODUTTORE NEI VOLATILI ....	7
3.1 APPARATO RIPRODUTTORE FEMMINILE .....	7
3.2 APPARATO RIPRODUTTORE MASCHILE .....	10
3.3 CENNI DI FISIOLOGIA ED ENDOCRINOLOGIA NEGLI UCCELLI .....	12
3.4 IL MATERIALE SEMINALE NEI RAPACI.....	14
3.5 CONSERVAZIONE E CRIOCONSERVAZIONE DEL MATERIALE SEMINALE NEI RAPACI.....	18
4. ASPETTI DI ETOLOGIA: L' <i>IMPRINTING</i> NEI RAPACI.....	23
5. GESTIONE DEI FUTURI RIPRODUTTORI E INCUBAZIONE DELLE UOVA .....	26
5.1 ALLEVAMENTO DEI FUTURI RIPRODUTTORI.....	26
5.2 INCUBAZIONE DELLE UOVA.....	30
6. RIPRODUZIONE NATURALE IN CATTIVITA' NEI RAPACI.....	35
7. RIPRODUZIONE ARTIFICIALE E INSEMINAZIONE STRUMENTALE NEI RAPACI ...	40
8. CONSERVAZIONE DELLA BIODIVERSITÀ NEI RAPACI: ESEMPI APPLICATIVI .....	46
8.1 <i>THE PEREGRINE FUND</i> : UN PROGETTO DI ALLEVAMENTO IN CATTIVITA' E REINTRODUZIONE IN NATURA.....	46
8.2 <i>THE LIFE LANNER PROJECT</i> : UN PROGETTO PER LA SALVAGUARDIA DEL FALCO LANARIO.....	49
9. CONCLUSIONI .....	54
BIBLIOGRAFIA .....	55
SITOGRAFIA.....	58

## RIASSUNTO

Oggi in un ecosistema sempre più delicato e sottoposto a numerose minacce, molteplici sono le cause che provocano il declino numerico delle popolazioni di varie specie di rapaci. Una conoscenza più approfondita della biologia, etologia e delle dinamiche legate alla riproduzione dei rapaci si rende necessaria per la loro stessa tutela. In particolar modo nell'ambito della riproduzione in cattività incentivare uno studio più approfondito delle moderne tecniche di Inseminazione Strumentale (I. S.) e delle caratteristiche del materiale seminale, come la resistenza alla crioconservazione, costituirebbe un traguardo importante ed utile per la tutela delle specie rapaci. Come è già stato dimostrato in passato grazie a progetti come "*The Peregrine Fund*", avvalersi di tecnici del settore, ovvero i falconieri, può essere determinante per la riuscita di progetti di recupero e reintroduzione di rapaci in natura grazie all'applicazione di appropriate tecniche di falconeria. Di seguito verranno illustrati differenti approcci di tipo tecnico-pratico per permettere ai rapaci di riprodursi con successo in cattività. L'ambito della riproduzione artificiale è senza dubbio il più interessante per quanto concerne la conservazione delle specie e numerosi suoi aspetti sono ancora oggetto di studio.

# 1. INTRODUZIONE

La falconeria è un'arte millenaria che lega uomo e rapace in un rapporto molto particolare, nato per la necessità dell'uomo di impiegare i rapaci per la caccia. Questo legame è perdurato nel corso dei secoli trovando probabilmente in Europa la sua più grande espressione durante il Medioevo. In Italia, Federico II di Svevia rappresenta la figura di spicco nella storia della falconeria di cui abbiamo ad oggi testimonianza. Nonostante la graduale diminuzione di questa pratica dopo il periodo medioevale, essa è giunta fino ai giorni nostri e si è evoluta attraverso approcci differenti. Oggigiorno la figura del falconiere è divenuta una vera e propria figura professionale che impiega questi animali in diverse attività (Sielicki, 2016).

Uno dei cambiamenti più importanti riguarda la riproduzione in cattività dei rapaci: l'attuale legislazione impone che i rapaci acquistati regolarmente siano nati in cattività, secondo la convenzione di Washington del 1973, nota come CITES o Convenzione sul Commercio Internazionale delle Specie di Fauna e Flora Selvatiche Minacciate di Estinzione, entrata in vigore nel 1975 che, con diversi gradi di protezione, tutela oltre 35.000 specie di animali e piante (<https://www.mite.gov.it/pagina/cites-convenzione-di-washington-sul-commercio-internazionale-delle-specie-di-fauna-e-flora>). L'allevamento dei rapaci da parte dell'uomo è una pratica sempre più diffusa che presenta risvolti importantissimi per quanto concerne la tutela delle specie di rapaci, molte delle quali sono classificate come specie a rischio (Sielicki, 2016). Nei secoli sono sempre stati prelevati rapaci dalla natura mediante l'uso di trappole o prelevando i pulli dai nidi per poi utilizzarli in falconeria; ai tempi odierni la falconeria, al contrario, costituisce una delle più grandi forme di tutela nei confronti dei rapaci grazie alla possibilità di far riprodurre soggetti in cattività che potranno poi essere reintrodotti in natura. La pratica della falconeria è stata riconosciuta "patrimonio vivente dell'umanità" nel 2016 (Decision of the Intergovernmental Committee: 11.COM 10.B.15) ed è stata iscritta nella Lista del Patrimonio Immateriale dell'Umanità come elemento transnazionale dei seguenti paesi: Germania, Arabia Saudita, Austria, Belgio, Emirati Arabi, Spagna, Francia, Ungheria, Italia, Kazakistan, Marocco, Mongolia, Pakistan, Portogallo, Qatar, Repubblica Araba Siriana,

Repubblica di Corea, Repubblica Ceca (Sielicki, 2016;. <https://ich.unesco.org/en/RL/falconry-a-living-human-heritage-01209>; <https://ich.unesco.org/en/de cisions/ 11.COM/10.B.15>).

## 2. CLASSIFICAZIONE SCIENTIFICA DEI RAPACI

Nel corso del tempo, gli scienziati hanno riscontrato una certa difficoltà nel definire con accuratezza la parola rapace. Per identificare un volatile come rapace sono stati utilizzati metodi basati sulla morfologia, sul comportamento naturale di tipo predatorio e sulle interazioni all'interno dell'ecosistema. Questi criteri di classificazione sono stati presi in considerazione fino al 2008, anno in cui un importante studio condotto da Shannon J. Hackett e collaboratori, basato sull'analisi e la comparazione di ben 19 loci genomici indipendenti, ha stabilito nuove relazioni filogenetiche tra diversi ordini di uccelli (Hackett et al., 2008; Mcclure et al., 2019).

Successivi studi genetici condotti impiegando moderne tecniche molecolari hanno permesso di descrivere i rapporti filogenetici intercorsi all'interno del percorso evolutivo della specie.

In ambito ornitologico, oggi siamo in un periodo di grandi transizioni nell'applicazione dei concetti di specie basati su ricerche filogenetiche. Sono in corso cambiamenti di classificazione e drastici aumenti del numero di specie riconosciute nelle principali liste mondiali (Gill et al., 2020).

I rapaci vengono distinti in diurni se svolgono le loro attività, incluse quelle predatorie, prevalentemente nelle ore di luce, e notturni se restando attivi dal tramonto all'alba (crepuscolari o notturni), sebbene alcuni possano cacciare anche durante il giorno.

I rapaci diurni vengono suddivisi in tre ordini: *Accipitriformes*, *Falconiformes* e *Cariamiformes*:

L'ordine *Accipitriformes* comprende 266 specie raggruppate nelle seguenti famiglie (Gill et al., 2020):

- *Cathartidae*: famiglia che comprende gli avvoltoi del Nuovo Mondo e conta i generi: *Gymnogyps*, *Sarcoramphus*, *Vultur*, *Coragyps*, *Cathartes*,
- *Sagittariidae*: famiglia che comprende solo la specie *Sagittarius Serpentarius*.
- *Pandionidae*: famiglia che comprende solo il genere *Pandion*.
- *Accipitridae*: la famiglia più ampia, essa contiene i generi: *Elanus*, *Gamponyx*, *Chelictinia*, *Polyboroides*, *Gypohierax*, *Gypaetus*, *Neophron*, *Eutriorchis*, *Leptodon*, *Chondrohierax*,

*Pernis, Elanoides, Lophoictinia, Hamirostra, Aviceda, Henicopernis, Necrosyrtes, Gyps, Sarcogyps, Trionoceph, Aegyptus, Torgos, Spilornis, Pithecophaga, Circaetus, Terathopius, Macheiramphus, Harpyopsis, Morphnus, Harpia, Nisaetus, Spizaetus, Stephanoaetus, Lophotriorchis, Polemaetus, Lophaetus, Ictinaetus, Clanga, Hieraaetus, Aquila, Harpagus, Kaupifalco, Micronisus, Melierax, Urotriorchis, Erythrotriorchis, Megatriorchis, Accipiter, Circus, Milvus, Haliastur, Haliaeetus, Butastur, Ictinia, Busarellus, Rostrhamus, Helicolestes, Geranospiza, Cryptoleucopterys, Buteogallus, Morphnarchus, Rupornis, Parabuteo, Geranoaetus, Pseudastur, Leucopternis, Buteo.*

L'ordine *Falconiformes* conta 66 specie di rapaci, comunemente chiamati Falchi e Caracara. Esso è rappresentato da un'unica famiglia:

- *Falconidae*: famiglia che comprende i generi: *Daptrius, Ibycter, Phalcoboenus, Caracara, Milvago, Herpetotheres, Micrastur, Spiziapteryx, Polihierax, Microhierax, falco.*

L'ordine *Cariamiformes* è formato da due specie, comprese in un'unica famiglia:

- *Cariamidae*: composta da due generi (uno per ciascuna specie contenuta nella famiglia in oggetto): *Cariama, Chunga.*

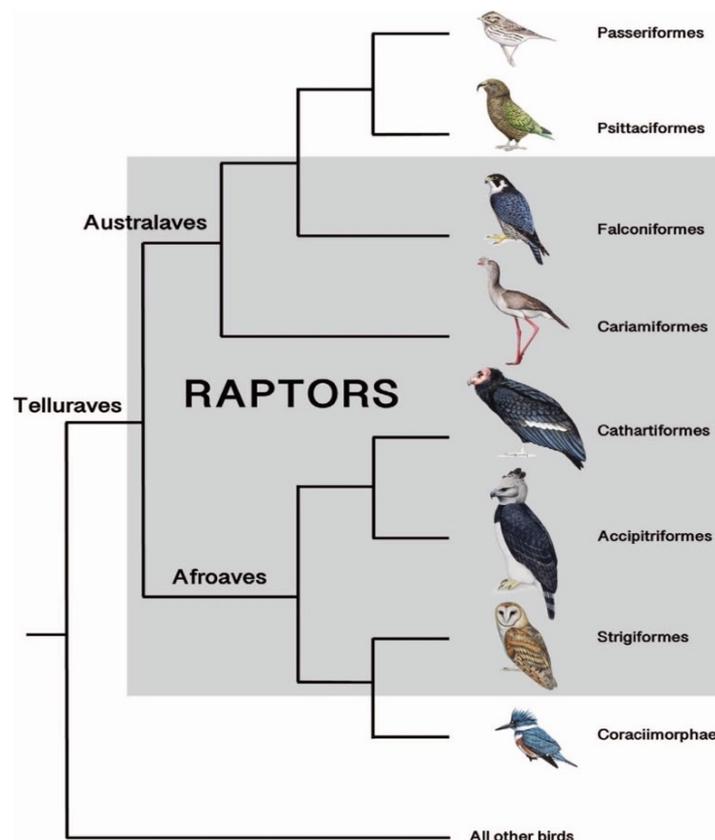
I rapaci notturni vengono raggruppati in un unico ordine, gli *Strigiformes*, che comprende 248 specie suddivise in due famiglie:

- *Tytonidae*: comprendente i generi *Tyto* e *Phodilus*.
- *Strigidae*: la famiglia più numerosa, essa contiene i generi: *Uroglaux, Ninox, Margarobyas, Taenioptynx, Micrathene, Xenoglaux, Aegolius, Athene, Surnia, Glaucidium, Otus, Ptilopsis, Asio, Jubula, Bubo, Scotopelia, Ketupa, Psiloscopus, Gymnasio, Megascops, Pulsatrix, Lophostrix, Strix.*

Studi filogenetici sul DNA hanno sottolineato come volatili, la quale natura comprende atteggiamenti predatori (averle, gabbiani e corvi), non possono essere classificati rapaci e di conseguenza i criteri di classificazione relativi a morfologia o comportamento non sono corretti.

In base alle relazioni filogenetiche sono stati individuati due cladi (clade = gruppo costituito da un antenato singolo comune e da tutti i discendenti di quell'antenato): *Australaves* e *Afroaves*; entrambi presentano ordini di rapaci e ciò fa dedurre che l'antenato comune fosse appunto un rapace. Ricerche recenti hanno rivelato che i falchi sono legati maggiormente ai pappagalli o ai passeriformi (rispettivamente ordini *Psittaciformes* e *Passeriformes*) rispetto ad altri rapaci quali avvoltoi ed aquile (McClure et al., 2019). *Cathartiformes* viene qui considerato un ordine comprendente le specie di avvoltoi del “Nuovo mondo”, che vengono classificate dalla IOC World Bird List come appartenenti alla famiglia *Cathartidae* (sotto l'ordine *Accipitriformes*).

È comunque evidente come accipitridi e catartidi siano strettamente legati tra loro (Figura 1). I rapaci notturni risultano essere fortemente legati con l'ordine *Coraciimorphae* (McClure et al., 2019).



**Figura 1.** Relazioni filogenetiche tra gli ordini appartenenti ai cladi *Australaves* e *Afroaves*  
(Fonte: McClure et al., 2019)

### **3. MORFOLOGIA E FISIOLOGIA DELL'APPARATO RIPRODUTTORE NEI VOLATILI**

#### **3.1 APPARATO RIPRODUTTORE FEMMINILE**

Nella maggioranza degli uccelli si sviluppano solo l'ovaio e l'ovidotto di sinistra, mentre quelli di destra sono presenti allo stato vestigiale. Di contro, nei rapaci le ovaie sono entrambe funzionanti (Domm, 1939). L'ovaio si trova in cavità addominale, in posizione caudale rispetto ai polmoni e caudo-laterale rispetto alla ghiandola surrenale; è appeso alla parete superiore dell'addome attraverso un legamento. Man mano che la femmina raggiunge la maturità sessuale e l'ovaio si sviluppa, si definiscono due sezioni ben distinte: una corticale esterna, una zona midollare, interna, contenente molti vasi sanguigni. Esternamente la corticale presenta uno strato di cellule peritoneali (possono essere alte, cuboidali o appiattite) che concorrono alla formazione di un epitelio. Completata la fase di sviluppo dell'ovaio si perde la netta distinzione tra zona midollare e corticale. La corticale è quindi formata da una zona parenchimatosa ricca di follicoli ovarici, immaturi mentre la midollare diventa un'area irregolare altamente vascolarizzata e con una componente muscolare rappresentata da muscolatura liscia.

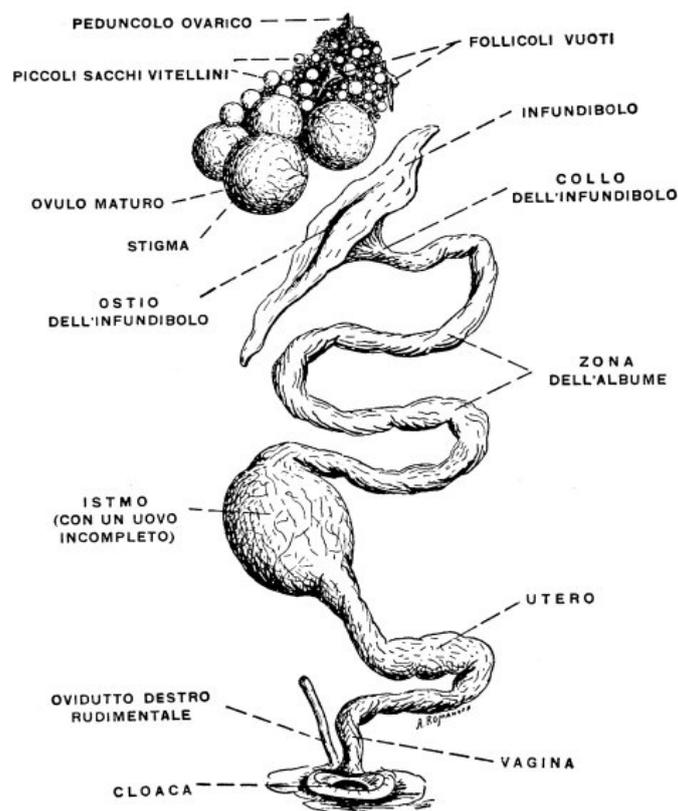
Una volta raggiunta la maturità sessuale, nella femmina l'attività dell'ovaio diventa ciclica e, con l'inizio della deposizione, i follicoli ovarici si sviluppano in base ad una gerarchia che impedisce una loro crescita contemporanea. Durante la deposizione l'ovaio assume un colore più chiaro e lo sviluppo follicolare è al massimo livello; durante la fase di riposo (detta anche periodo refrattario) l'ovaio diminuisce di dimensioni, si riducono anche i follicoli, fino a che diventa quiescente (Pollock et al., 2002).

Ogni follicolo è sospeso da un peduncolo che contiene muscolatura liscia, vasi sanguigni e nervi.

Il follicolo è composto da un ovocita primario circondato da vari strati di tessuto; questi strati hanno un ruolo endocrino e rappresentano la comunicazione tra ovario e ovidotto per il passaggio di ciascuna ovocellula. Su ciascun follicolo maturo è presente uno stigma, esso costituisce il punto dove l'ovocita romperà la membrana follicolare durante l'ovulazione. Prima dell'ovulazione l'ovocita primario

subisce una meiosi riduzionale, passando da un numero di cromosomi diploide ad aploide, permettendo di ottenere così l'ovocita secondario con conseguente espulsione del primo corpo o globulo polare. L'ovulazione avviene grazie ad una moltitudine di fattori, tra i quali, ha un'elevata importanza il picco massimo raggiunto dall'ormone luteinizzante (LH) (Pollock et al., 2002).

L'infundibolo è l'apertura prossimale dell'ovidotto (Figura 2), è responsabile della cattura dell'ovocellula matura che, abbandonato il follicolo, intraprenderà così il percorso al suo interno. Questa cattura è agevolata dalla sacca aerea addominale sinistra che circonda l'ovario lasciando scoperta la parte caudale, e permettendo così all'ovulo di scendere nell'apertura dell'infundibolo con maggior facilità.



**Figura 2:** Schema dell'apparato riproduttore femminile  
(Fonte: [www.wellentheorie.wordpress.com](http://www.wellentheorie.wordpress.com))

Una volta che l'ovocellula è arrivata nell'infundibolo, gli spermatozoi dovranno raggiungerlo piuttosto rapidamente per rendere possibile la fecondazione, in quanto la penetrazione spermatica deve avvenire prima che abbia inizio la deposizione dell'albume. All'altezza dell'infundibolo, nella zona a forma di imbuto, priva di tessuto ghiandolare, si avrà la fusione dei pronuclei maschili e femminili. Dopo l'ovulazione i follicoli ovarici che hanno espulso l'ovocellula matura vanno incontro a regressione e riassorbimento (Pollock et al., 2002).

Le principali sezioni che formano l'ovidotto, in direzione prossimo-distale, sono: infundibolo, magnum, istmo, utero e vagina. La parete dell'ovidotto presenta una mucosa ed una sottomucosa, strati esterni di muscolatura liscia ed uno strato epiteliale (peritoneo). La mucosa presenta due tipi di cellule principali: cellule ciliate e cellule ghiandolari; il loro numero varia in base al tratto, ad esempio nel magnum predominano le cellule ghiandolari perché necessarie per la produzione di albume. Gli strati esterni di muscolatura liscia dell'ovidotto, insieme al movimento delle ciglia vibratili, servono a spingere l'uovo lungo l'ovidotto ed a trasportare lo sperma fino all'infundibolo (retroperistalsi) (Pollock et al., 2002). Il sito di fecondazione è rappresentato dalla parte più distale dell'infundibolo. Il magnum è un tratto ricco di ghiandole tubulari che concorrono alla formazione di pieghe nella mucosa ed hanno il ruolo fondamentale di secernere l'albume. Nell'istmo solitamente si formano la membrana interna ed esterna del guscio, e qui inizia anche la sua calcificazione. L'utero, in cui l'ovidotto converge, è composto da due porzioni ben distinte: una porzione craniale più corta di colore rossastro ed una porzione distale a forma di sacca, dove sosta l'uovo prossimo alla deposizione. L'utero aggiunge componenti come acqua ed elettroliti all'albume dell'uovo, inoltre, captando grandi quantità di calcio dal flusso sanguigno, rende possibile il completamento della calcificazione del guscio, caratterizzato da carbonato di calcio sotto forma di calcite. Esternamente viene poi apposto uno strato di cuticola che riduce l'evapotraspirazione, quindi la perdita di acqua, e limita la contaminazione batterica.

La vagina è il condotto attraverso il quale l'uovo passa dall'ovidotto alla cloaca per poi fuoriuscire completamente dal volatile. I muscoli lisci dell'utero spingono l'uovo nella vagina attraverso lo

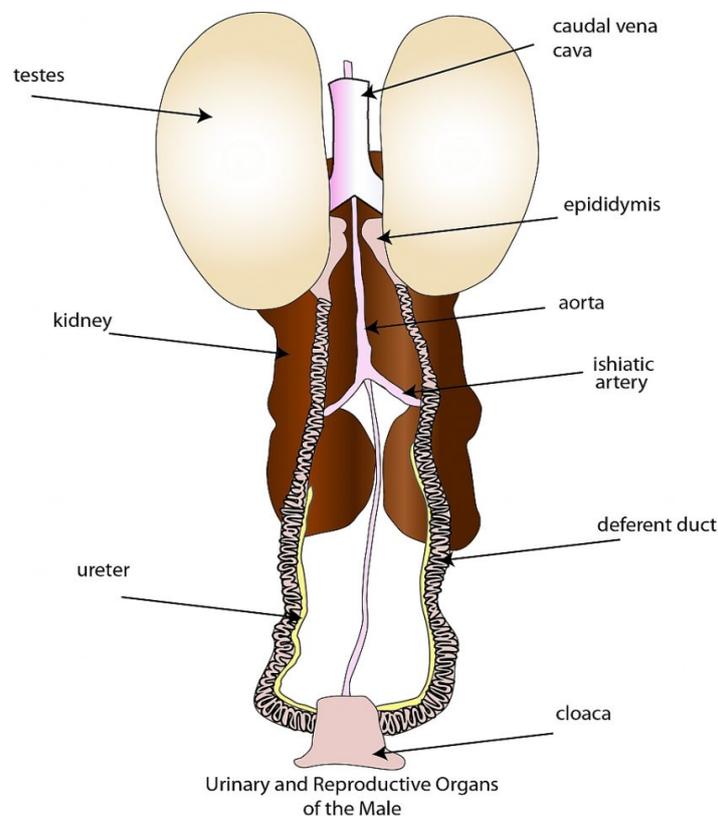
sfintere vaginale. La presenza dell'uovo a questo livello stimola i neuroni nella cloaca che permettono di generare uno stimolo che condurrà l'uovo fino all'esterno della cloaca, ossia alla deposizione. Nella regione dello sfintere vi sono delle pieghe, dette fosse spermatiche, che agiscono come ghiandole che ospitano lo sperma; esse rappresentano il primo sito di stoccaggio del materiale seminale (Pollock et al., 2002).

### **3.2 APPARATO RIPRODUTTORE MASCHILE**

Nella cavità addominale di soggetti di linea maschile sono presenti due testicoli di forma ovoidale posti ai lati della colonna vertebrale, tra l'estremità caudale dei polmoni ed il margine craniale dei reni. Ciascun testicolo pende nella cavità celomatica grazie al mesorchio (una piega del mesentere peritoneale) ed analogamente all'ovario è parzialmente circondato dalla sacca aerea addominale (Pollock et al., 2002).

I testicoli hanno dimensioni variabili in base alla fase del ciclo riproduttivo; ad esempio, in specie che effettuano un solo ciclo riproduttivo all'anno, come la gran parte dei rapaci, le gonadi sono svariate volte più grandi nel periodo della riproduzione. È stata osservata anche un'asimmetria tra le due gonadi, a sfavore del lato destro, ma che si attenua, fino a scomparire con l'avvicinarsi del periodo riproduttivo (Dixon et al., 2020). Il colore dei testicoli varia da tonalità di bianco passando per il grigio per arrivare al nero a seconda della specie. Lo strato più esterno che li contiene è definito tonaca albuginea, è liscia e priva di lobature (Figura 3). Ogni testicolo contiene migliaia di tubuli contorti, anche anastomizzati tra loro; lo strato mucoso di questi tubuli contorti è costituito da cellule germinali che vengono guidate nel processo di spermatogenesi dalle cellule di Sertoli. Quest'ultime cellule possono permettere la cattura di ormoni steroidei portati dalla circolazione sanguigna, a cui sono sensibili le cellule germinali, e talvolta presentare comportamento fagocitario (Pollock et al., 2002). La spermatogenesi comporta la moltiplicazione delle cellule germinali (spermatogoni), l'ingrossamento degli spermatociti primari e la loro maturazione; questa fase include la prima divisione che porta alla formazione degli spermatociti secondari ed una seconda che porta al formarsi

degli spermatidi. Quando gli spermatidi evolvono in spermatozoi si staccano dal rivestimento mucoso che li racchiude e procedono verso i tubuli retti, quindi verso la rete *testis* ed infine nell'epididimo. Nel parenchima interstiziale tra i tubuli seminiferi ci sono le cellule di Leydig che producono ormoni steroidei androgeni, che stimolano lo sviluppo e la crescita dei tubuli stessi, del dotto deferente e tutte le caratteristiche sessuali secondarie proprie delle specie. L'epididimo è connesso dorso-medialmente con il testicolo e negli uccelli non è diviso in segmenti (testa, coda e corpo), ed è di dimensioni molto più modeste rispetto a quello dei mammiferi. I tubuli efferenti, che veicolano gli spermatozoi dai testicoli, percorrono l'intera lunghezza del dotto epididimale principale (Pollock et al., 2002).



**Figura 3.** Schema dell'apparato riproduttore maschile  
(Fonte: [www.poultryhub.org](http://www.poultryhub.org))

I maschi appartenenti a specie con cicli riproduttivi stagionali, prima di un determinato ciclo riproduttivo presentano due fasi che precedono la fase culminante. La prima fase è quella di rigenerazione dei tubuli seminiferi, dei dotti efferenti e quelli di collegamento con l'epididimo; la seconda fase, detta di accelerazione, segna l'inizio della produzione degli spermatozoi sotto lo stimolo indotto da gonadotropine. Le cellule di Leydig quindi si ingrandiscono e la mucosa dell'epididimo inizia a secernere plasma seminale. La fase di culmine è caratterizzata dalla gametogenesi e dal completo sviluppo del sistema riproduttivo maschile (Pollock et al., 2002).

Il dotto deferente presenta un andamento molto sinuoso, a zig-zag, e parte dal bordo caudale di ciascun testicolo per arrivare alla parte dorsale della cloaca; anche il suo aspetto risulta ingrossato durante il periodo riproduttivo. Ciascun dotto deferente si apre, con una piccola papilla, in una zona della cloaca definita urodeo. I dotti deferenti assumono un andamento rettilineo durante la fase di riposo, mentre appaiono tortuosi con l'avvicinarsi alla fase culminante. Durante quest'ultima fase gli spermatozoi si trovano in numero estremamente elevato nei dotti deferenti; perciò, impiegano diversi giorni per attraversarli completamente. Le circonvoluzioni che caratterizzano questi dotti, in specie volatili come i passeriformi, arrivano a formare una massa arrotondata, una sorta di vescicola seminale dilatata che rappresenta il principale sito di stoccaggio dello sperma. È stato osservato che questi ammassi seminali presentano una temperatura leggermente inferiore a quella corporea in modo da agevolare la vitalità degli spermatozoi (Pollock et al., 2002). Tali vescicole si aprono poi nell'urodeo, lateralmente agli ureteri.

### **3.3 CENNI DI FISIOLOGIA ED ENDOCRINOLOGIA NEGLI UCCELLI**

Negli uccelli maschi, l'innalzarsi del livello di gonadotropine stimola l'ipertrofia testicolare e lo sviluppo dei tubuli seminiferi. I testicoli possono aumentare in dimensioni fino a 500 volte in specie che si riproducono solo in un determinato periodo dell'anno. L'aumento di gonadotropina luteinizzante (LH) inoltre, è il responsabile della crescita e maturazione delle cellule di Leydig e

dell'aumento in dimensioni dei dotti deferenti (Pollock et al., 2002) e delle altre porzioni terminali che vanno a definire una zona turgida detta "protuberanza della cloaca".

Le cellule interstiziali del Leydig secernono ormoni, in particolare il testosterone; i lipidi contenuti all'interno di queste cellule fungono da materiale precursore per la produzione di androgeni. Anche le cellule di Steroli concorrono, in minor parte, alla produzione di ormoni steroidei, rispondendo all'ormone follicolo-stimolante (FSH). L'enzima aromatasi nel sistema nervoso centrale converte il testosterone in estradiolo, ormone responsabile dei comportamenti maschili legati alla riproduzione (corteggiamento, difesa del territorio ecc.). Di conseguenza il testosterone è alla base di tutti i comportamenti tipici degli uccelli in prossimità del periodo riproduttivo ed il suo livello tende ad abbassarsi notevolmente nella fase in cui è necessario fornire cure parentali ai nascituri (Pollock et al., 2002).

È stato osservato come negli uccelli i livelli di progesterone risultino più elevati nei maschi piuttosto che nelle femmine, essi raggiungono un picco durante la fase genitoriale, di allevamento della prole (Pollock et al., 2002).

Molti aspetti comportamentali nel periodo della riproduzione dei volatili sono caratterizzati da azioni peculiari come il corteggiamento, la costruzione del nido, la difesa del territorio e le cure parentali. Uno degli aspetti che incide maggiormente sull'attività riproduttiva degli uccelli è il fotoperiodo. Una lunga durata della luce diurna causa il rilascio dell'ormone LHRH dall'ipotalamo che promuoverà poi la secrezione di gonadotropine (FSH e LH). La luce viene riconosciuta da fotorecettori all'interno della retina e dell'epifisi che trasmettono informazioni per il rilascio della melatonina. È stato osservato come la presenza di un maschio, del suo vocalizzare e di materiale per costruire il nido siano fattori che concorrono a stimolare la femmina ad iniziare il ciclo di ovideposizione (Pollock et al., 2002).

Nelle femmine gli estrogeni stimolano lo sviluppo dei caratteri sessuali secondari come la crescita dell'ovidotto e la sintesi di proteine oviduttali come l'ovoalbumina. L'aumento di estrogeni inoltre induce un'ipercalcemia già settimane prima dell'ovulazione con un aumento significativo dei livelli

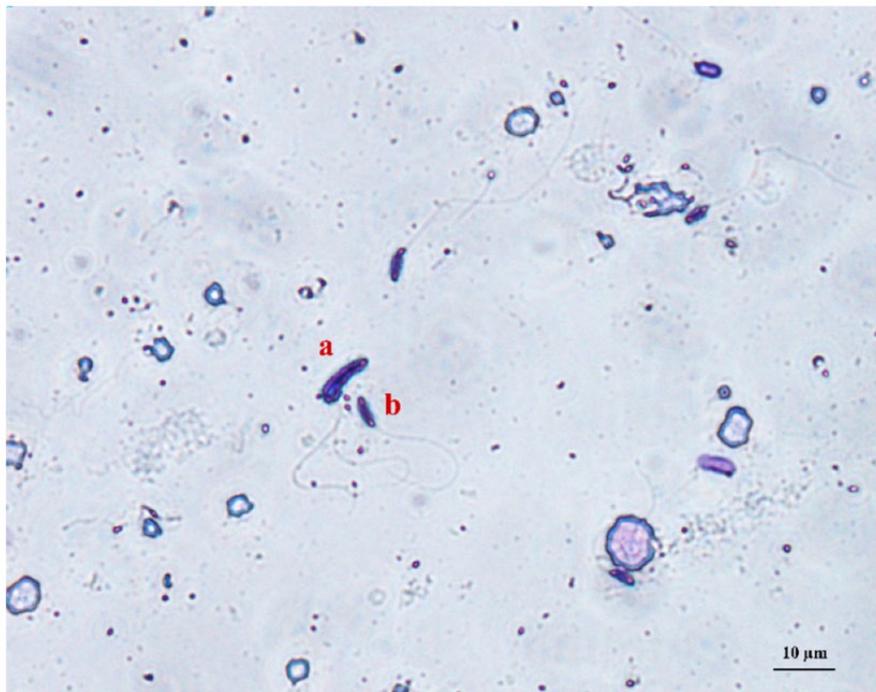
di calcio sierico; analogamente FSH ed LH aumentano prima dell'inizio del ciclo riproduttivo. I livelli di progesterone aumentano circa una settimana prima dell'ovulazione e il loro aumento è proporzionale ad una diminuzione graduale degli estrogeni. Progesterone ed LH hanno invece un'azione reciproca, feedback-positivo, inducendo l'uno la secrezione dell'altro. Pochi minuti prima dell'ovulazione la prostaglandina (PGF2alfa) è rilasciata dai follicoli ovarici più grandi causando contrazioni uterine definite pre-ovulatorie. La contrazione della muscolatura liscia presente nel peduncolo follicolare e dettata dall'azione dell'ormone LH porta alla formazione dello stigma. Negli uccelli non si forma il corpo luteo post-ovulatorio; il numero dei cicli ovulatori varia notevolmente da specie a specie (Pollock et al., 2002). Anche la calcificazione del guscio dell'uovo avviene grazie al progesterone; notevole è il fabbisogno alimentare di calcio per la produzione del guscio delle uova deposte ed integrazioni alimentari contenenti vitamine, come la vitamina D3, favoriscono l'assimilazione del calcio al livello del duodeno e del digiuno superiore.

È stato anche osservato come i livelli di prolattina aumentino stimolati dal contatto tra madre e uova durante la cova, infatti, la prolattina è associata alle cure parentali e a comportamenti come la cova delle uova. Durante l'incubazione all'aumentare della prolattina diminuiscono i valori di LH (Pollock et al., 2002).

### **3.4 IL MATERIALE SEMINALE NEI RAPACI**

Lo studio del materiale seminale nei rapaci è stato incentrato su alcune delle specie più comuni in allevamento e più frequentemente riprodotte con metodi di inseminazione strumentale (I. S.) come girfalco (*Falco rusticolus* Linnaeus, 1758), falco sacro (*Falco cherrug* Gray, 1834) e numerose sottospecie di falco pellegrino (*Falco peregrinus* Tunstall, 1771). Una delle prime osservazioni effettuate sul seme riguarda la variazione di volume del liquido seminale, che differisce da specie a specie. In particolare, è stata osservata una quantità maggiore di liquido seminale per il girfalco (*Falco rusticolus* Linnaeus, 1758). In uno studio condotto su campioni di seme di *Falco peregrinus brookei* (Sharpe, 1873), *Falco peregrinus peregrinus* (Tunstall, 1771), che sono le due sottospecie di

pellegrino più utilizzate in falconeria e di conseguenza maggiormente allevate, e di *Falco rusticolus* (Linnaeus, 1758) sono stati osservati numerosi spermatozoi immaturi, tra cui spermatociti, spermatidi e spermatozoi quasi maturi con gocce citoplasmatiche ancora attaccate alla testa, mentre non sono stati osservati spermatogoni (Figura 4). La percentuale di spermatozoi immaturi si aggira attorno al 20-30% in tutte le tre specie analizzate (Villaverde-Morcillo et al., 2017).



**Figura 4.** Dettaglio del materiale seminale di *Falco peregrinus* (Tunstall, 1771) contenente spermatozoi con difetti morfologici; a: spermatozoi con difetti multipli (code multiple o macrocefalo); b: spermatozoi normali (Fonte: Oliveira et al., 2021)

In uno studio di Oliveira e collaboratori (2021) è stato osservato che gli spermatozoi di queste tre specie di rapaci sono pleiomorfi, cioè presentano una morfologia molto variegata; infatti, negli eiaculati delle tre specie precedentemente elencate, questa eterogeneità è risultata molto alta, portando a sostenere che la pleiomorfia spermatica sia una caratteristica specifica dei rapaci. Sulla base della morfologia spermatica sono state individuate quattro sottopopolazioni spermatiche. Si è osservato che in tutti i rapaci campionati, le cellule della sottopopolazione 1 avevano teste particolarmente larghe e lunghe, quelle della sottopopolazione 2 avevano le teste degli spermatozoi lunghe e strette,

la sottopopolazione 3 presentava una forma fusiforme, mentre quelle della sottopopolazione 4 erano caratterizzate da una forma ovale.

E' stato osservato inoltre che il grado di pleiomorfia spermatica di una specie è strettamente correlato alle sue abitudini riproduttive: specie poligame come il pollo (*Gallus gallus domesticus* Linnaeus, 1758) presentano una morfologia spermatica molto omogenea con poche anomalie nelle teste degli spermatozoi, al contrario specie tipicamente monogame come l'aquila reale (*Aquila chrysaetos* Linnaeus, 1758) presentano un'eterogeneità morfologica degli spermatozoi molto elevata ed oltre un 19% di essi può presentare anomalie della testa, oltre ad un numero elevato di spermatociti e spermatidi. È probabile che l'alta percentuale di seme non fertile negli eiaculati di rapace abbia un ruolo nella riproduzione agevolando la migrazione degli spermatozoi nelle vie genitali femminili in seguito alla copula (Villaverde-Morcillo et al., 2017).

Un altro parametro di vitale peso nell'analisi del liquido seminale è la motilità. Infatti, distinguere il numero di spermatozoi vivi, inattivi, immobili e morti è di fondamentale importanza per effettuare una stima della fertilità che si otterrà utilizzando un determinato campione di seme. La tecnica di colorazione EB (eosina blu) è quella che più si presta per evidenziare la percentuale di spermatozoi vivi e morti in un campione di liquido seminale proveniente da una specie del genere Falco (Fischer et al., 2020). Spesso, nell'ambito dell'allevamento in cattività, falconieri ed allevatori non dispongono di particolari strumentazioni da laboratorio e di conseguenza la semplice conta degli spermatozoi in movimento sul vetrino risulta essere ancora oggi la metodologia maggiormente utilizzata.

Studi che hanno messo a confronto il materiale seminale di accipitridi e falconidi hanno sottolineato come vi siano diverse differenze in termini di volume, concentrazione e motilità.

Nei rapaci, i volumi di seme variano in base alle differenti specie e solitamente rispecchiano le dimensioni del rapace stesso (rapaci più grandi producono volumi di seme maggiori rispetto a rapaci di taglia inferiore). Le quantità maggiori sono rappresentate da 0,2 ml nell'aquila reale (*Aquila Chrysaetos* Linnaeus, 1758) e nel condor delle Ande (*Vultur gryphus* Linnaeus, 1758) mentre rapaci di piccole dimensioni come il gheppio americano (*Falco sparverius* Linnaeus, 1758) producono

pochissimi microlitri di materiale seminale. Il volume del seme varia anche in base alla fase della stagione riproduttiva; durante il culmine del periodo riproduttivo la produzione di materiale seminale può essere inferiore a seguito delle frequenti copule. La quantità di spermatozoi per ml di materiale seminale osservata nel gheppio americano è stata di  $33 \times 10^6$  spermatozoi (Gee et al., 2004).

Nell'aquila imperiale (*Aquila heliaca* Savigny, 1809) sono stati riscontrati alti tassi di concentrazione degli spermatozoi ( $110,08 \times 10^6/\text{ml}$ ) ed un numero elevato degli stessi all'inizio della stagione riproduttiva; questi livelli calano con il proseguire del periodo riproduttivo. Negli astori è stata osservata una percentuale di motilità inferiore ad *Aquila heliaca* (Savigny, 1809) compensata da una concentrazione spermatica crescente durante la stagione riproduttiva (concentrazione media di  $96,19 \times 10^6/\text{ml}$ ). *Falco peregrinus* (Tunstall, 1771) sembra invece mantenere pressoché invariato il quantitativo di seme prodotto durante le varie fasi della stagione riproduttiva e presenta una concentrazione media di  $134,43 \times 10^6/\text{ml}$  (Piacek et al., 2020).

Nell'ambito dello studio del materiale seminale di falconiformi e accipitridi è stata riscontrata spesso la presenza di micoplasmi, patogeni che i rapaci, analogamente ad altri volatili più conosciuti come i tacchini, possono trasmettere per mezzo dello sperma. Sono state osservate percentuali di campioni di seme contaminati da micoplasmi attorno al 20% nei rapaci. Alcuni soggetti hanno presentato positività a micoplasmi anche negli anni successivi al primo campionamento, sinonimo del perdurare dell'infezione. È possibile che i testicoli siano la sede primaria di infezione e sotto questo aspetto la pratica dell'inseminazione strumentale in falconeria potrebbe essere fonte di diffusione di micoplasmi se non si hanno profili analitici completi dei campioni di seme provenienti dai vari riproduttori (Lierz e Hafez, 2008). La presenza o meno di micoplasmi in campioni di materiale seminale dovrebbe essere considerata come criterio di qualità del seme di ciascun riproduttore.

### 3.5 CONSERVAZIONE E CRIOCONSERVAZIONE DEL MATERIALE SEMINALE NEI RAPACI

La resistenza del seme di rapaci alla tecnica di crioconservazione, e nello specifico la resistenza all'aggiunta di crioprotettori quali DMA (dimetilacetammide) e al DMSO (dimetilsolfossido), è stata studiata in specie come l'aquila reale (*Aquila chrysaetos* Linnaeus, 1758), l'aquila del Bonelli (*Hieraaetus fasciatus* Vieillot, 1822), l'aquila imperiale (*Aquila adalberti* Brehm, 1861) ed il falco pellegrino (*Falco peregrinus* Tunstall, 1771). Lo studio della resistenza del seme alla crioconservazione è cruciale per le specie a rischio estinzione in quanto la conservazione per lunghi periodi del materiale seminale combinata con le tecniche di inseminazione strumentale potrebbe essere una valida risposta al decremento di molte specie di rapaci già considerate a rischio. Nei rapaci, come è stato riscontrato anche per molte altre specie volatili, l'utilizzo di seme precedentemente sottoposto a crioconservazione causa un decremento della percentuale di fertilità delle uova. Nel gheppio americano (*Falco sparverius* Linnaeus, 1758) è stata osservata come questa diminuzione si aggiri attorno al 26% rispetto a dati ottenuti con inseminazioni strumentali effettuate con seme fresco (Blanco et al., 2009).

È importante tener presente nella resistenza del seme alla crioconservazione dei parametri relativi alla velocità di raffreddamento, al crioprotettore e la sua tolleranza all'osmosi. Queste tre variabili variano notevolmente tra le varie specie, anche in specie strettamente imparentate tra loro a livello tassonomico come *Aquila chrysaetos* (Linnaeus, 1758) ed *Aquila adalberti* (Brehm, 1861). Per poter sapere con certezza l'entità del calo di vitalità degli spermatozoi congelati sarebbero necessarie ricerche specie-specifiche approfondite partendo dal fatto che è acclarato che la crioconservazione è causa di diminuzione della vitalità del materiale seminale, e che questa riduzione di vitalità è risultata tuttavia minore nei rapaci piuttosto che nelle specie avicole (Blanco et al., 2000).

Essendo variabile la resistenza alla velocità di raffreddamento degli spermatozoi sarebbe utile per futuri progetti di conservazione individuare le rampe di discesa della temperatura ideali per ogni specie di rapace. La differente reazione delle cellule spermatiche a soluzioni osmotiche extracellulari

indica una diversa permeabilità della membrana spermatica nelle diverse specie. In generale gli spermatozoi dei rapaci hanno mostrato una resistenza notevole a condizioni di estrema iperosmosi mentre il ripristino di isotonicità tendenzialmente causa un aumento della spermiolisi. Vi sono specie come *Falco peregrinus* (Tunstall, 1771) ed *Aquila chrysaetos* (Linnaeus, 1758) che invece presentano spermatozoi dotati di una resistenza intrinseca nei confronti di queste condizioni mostrando quindi la capacità di mantenere integra la membrana spermatica dopo una disidratazione seguita da reidratazione (Blanco et al., 2000). DMA e DMSO sono crioprotettori permeabili che, in misura variabile a seconda della specie, condizionano la vitalità degli spermatozoi, i quali, se sottoposti a soluzioni iperosmotiche insieme a soluzioni crioprotettrici, si restringono per disidratazione e successivamente si rigonfiano non appena il crioprotettore e l'acqua permeano all'interno. Il congelamento ed il crioprotettore sono due fattori che diminuiscono la vitalità del materiale seminale, ma sono tuttavia presenti specie che non rispettano questa tendenza: ad esempio, nell'aquila imperiale in seguito a congelamento rapido del materiale seminale, la sopravvivenza degli spermatozoi aumenta all'aumentare della concentrazione di DMA. Altri rapaci strettamente imparentati con l'aquila imperiale, come l'aquila del Bonelli, presentano un calo dei parametri vitali del seme in seguito a congelamento e contatto con DMA. Un altro aspetto interessante inerente il seme dell'aquila imperiale consiste nell'aumento di vitalità degli spermatozoi in seguito a scongelamento dopo un raffreddamento rapido; quest'ultimo è risultato dannoso per tutte le specie confrontate nello studio, ad eccezione dell'aquila imperiale (Blanco et al., 2000).

DMA e DMSO agiscono in maniera simile, tuttavia in studi effettuati su materiale seminale di *Falco peregrinus* (Tunstall, 1771) sono stati osservati tassi di motilità degli spermatozoi maggiori utilizzando DMSO rispetto al DMA (Cardoso et al., 2020). Nello specifico, prove di congelamento di eiaculati di falco peregrino addizionati rispettivamente con DMA al 3% e DMSO all'8% hanno evidenziato una percentuale di motilità totale degli spermatozoi del 7,7% ( $\pm 2,3$ ) con l'impiego di DMA, mentre lo stesso parametro utilizzando DMSO all'8% ha raggiunto valori significativamente più elevati ( $21,1 \pm 2,3\%$ ). Anche altri parametri come la velocità in linea retta degli spermatozoi

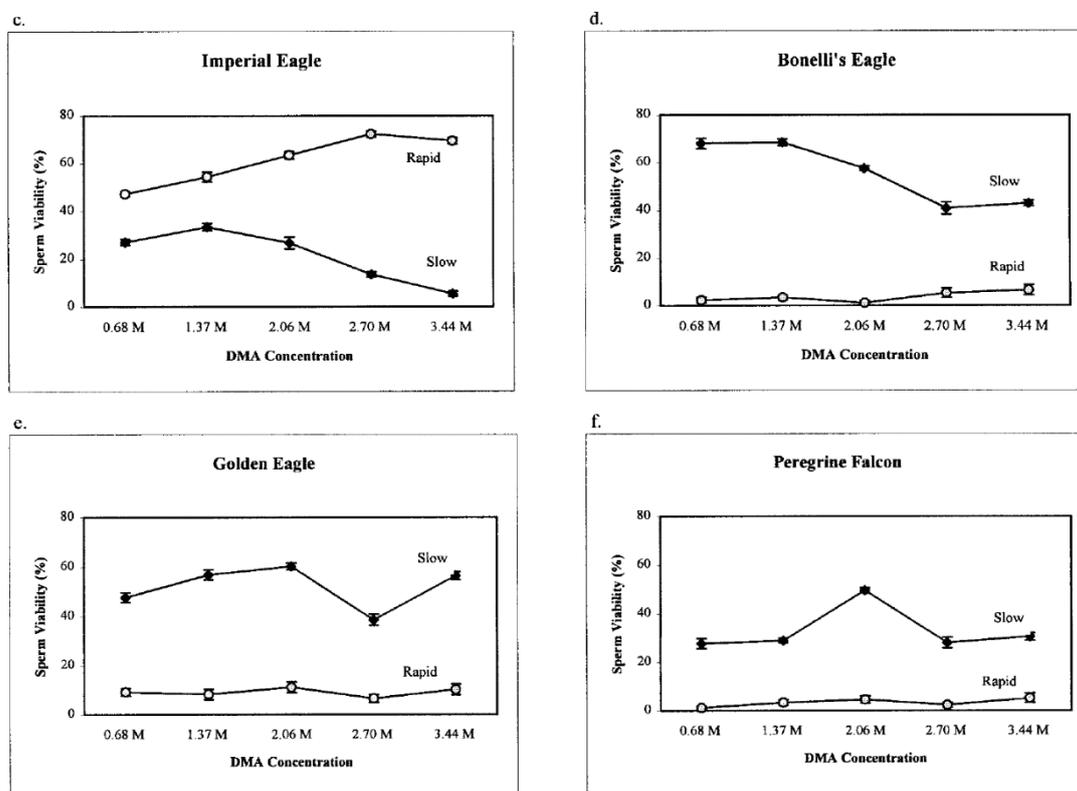
(VSL) sono risultati significativamente migliori impiegando come crioprotettore DMSO rispetto a DMA ( $12,9 \pm 1,4 \mu\text{m/s}$  vs  $7,7 \pm 1,4 \mu\text{m/s}$ , rispettivamente). Per verificare l'entità dell'effetto del crioprotettore sui parametri vitali del materiale seminale sono stati osservati parametri più elevati impiegando DMSO al 4% rispetto allo stesso crioprotettore addizionato in misura del 8%, sebbene tali differenze non siano risultate statisticamente significative. In questa prova, la percentuale di spermatozoi motili è risultata pari a  $9,5 \pm 1,9\%$  con DMSO in concentrazione del 4% e  $8,1 \pm 1,9\%$  con concentrazione all'8% dello stesso crioprotettore. Anche la velocità degli spermatozoi in linea retta è risultata più elevata con DMSO al 4% ( $16,1 \pm 2,9 \mu\text{m/s}$ ) rispetto a quella osservata in campioni addizionati con DMSO all'8% ( $13,2 \pm 2,9 \mu\text{m/s}$ ). Questi due stessi parametri osservati in campioni di seme fresco, sono risultati invece essere  $73,8 \pm 2,6 \%$  per la motilità totale e  $27,0 \pm 1,1 \mu\text{m/s}$  per la velocità in linea retta degli spermatozoi (Cardoso et al., 2020).

Altre prove, condotte precedentemente da Blanco e collaboratori (2000) furono invece finalizzate a testare, in specie diverse di volatili inclusi alcuni rapaci, la sopravvivenza degli spermatozoi sottoposti a congelamento rapido e lento, previa addizione di DMA come crioprotettore, a diversi livelli di concentrazione.

Il congelamento rapido consisteva nell'immersione diretta dei campioni, addizionati con DMA a diverse concentrazioni, in azoto liquido ( $50 \text{ }^\circ\text{C/min}$ ). Il congelamento lento prevedeva invece l'uso di rampe di congelamento specifiche: con velocità di  $1 \text{ }^\circ\text{C/min}$  nel passaggio da  $+4 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ , seguite da rampe con discesa di  $2 \text{ }^\circ\text{C/min}$  nel passaggio da  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $-70 \text{ }^\circ\text{C}$ , e poi seguite dall'immersione in azoto liquido. Dopo 24 ore di stoccaggio di azoto liquido, tutti i campioni furono scongelati a  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  per valutare la vitalità degli spermatozoi.

La procedura di congelamento rapido era risultata dannosa per gli spermatozoi di tutte le specie tranne l'aquila imperiale, in cui la percentuale di spermatozoi vitali dopo lo scongelamento era risultata significativamente aumentata ( $P < 0,05$ ) usando il congelamento rapido rispetto a quello lento, con specifiche rampe (Figura 5 c). Inoltre, con il congelamento rapido, la sopravvivenza degli spermatozoi dell'aquila imperiale era aumentata all'aumentare della concentrazione di DMA (Figura

5 c). Al contrario, per l'aquila del Bonelli, l'aquila reale ed il falco pellegrino è stata osservata una maggior vitalità degli spermatozoi quando sottoposti a congelamento lento, con risposte variabili alle diverse concentrazioni di crioprotettore (Figura 5 d, e, f).



**Figura 5.** Vitalità degli spermatozoi con congelamento rapido o lento e con diverse concentrazioni di DMA in aquila imperiale (*Aquila adalberti* Brehm, 1861), aquila del Bonelli (*Hieraetus fasciatus* Vieillot, 1822), aquila reale (*Aquila chrysaetos* Linnaeus, 1758) e falco pellegrino (*Falco peregrinus* Tunstall, 1771) (Fonte: estratto da Blanco et al., 2000)

Durante il processo di crioconservazione la diminuzione di vitalità del materiale seminale non dipende quindi solo dalle fasi e dalle condizioni di congelamento (soprattutto se rapido) ma anche dalla modalità e tempi di scongelamento, che consentono al seme di ritornare alla temperatura ambientale. La diminuzione di vitalità degli spermatozoi non è costante per tutte le specie di volatili, ma anche in questo caso è specie-specifica, come dimostrato nelle varie prove sperimentali condotte da Blanco e collaboratori (2000).

Ulteriori ricerche finalizzate ad indagare, con moderne tecnologie, il comportamento degli spermatozoi dei rapaci durante la crioconservazione porterebbe indubbiamente forti benefici sia nell'ambito dell'allevamento in cattività di rapaci utilizzati in falconeria, sia aprire nuove opportunità per la tutela di tutte le specie di rapaci a rischio di estinzione.

#### 4. ASPETTI DI ETOLOGIA: L'*IMPRINTING* NEI RAPACI

L'*imprinting* può essere definito come una forma di apprendimento geneticamente programmato, nel quale si ha un'associazione permanente, durante uno specifico periodo sensibile. Tecnicamente tutti gli uccelli sono "imprintati" sulle figure genitoriali, su oggetti ed un determinato ambiente. Nel caso di un allevamento parentale, i pulli subiscono un processo di *imprinting* sui genitori, sui fratelli e sull'ambiente che li circonda. Nell'ambito dell'allevamento e della falconeria normalmente si definiscono "imprintati", i rapaci che hanno subito un processo di *imprinting* sull'uomo (Fox, 2017). Il periodo sensibile nel quale avviene il processo di *imprinting* è definito "finestra di *imprinting*" e, nei rapaci, la sua durata varia da un genere all'altro e spesso anche da una specie all'altra.

I risvolti più importanti di questo processo si possono osservare nell'ambito riproduttivo e condizionano radicalmente l'allevamento in cattività dei rapaci (Figura 6). Infatti, i pulli tendendo ad indentificare come futuro partner sessuale un esemplare appartenente alla stessa specie delle proprie figure genitoriali. Questo fatto lo si può dimostrare in maniera empirica nell'ambito dell'allevamento: facendo allevare un determinato soggetto da un genitore appartenente ad una specie differente, il pullo una volta cresciuto e maturo sessualmente identificherà come potenziale partner un soggetto appartenente alla specie della figura genitoriale che l'ha cresciuto. Questo processo viene definito *cross imprinting* e può permettere l'allevamento in cattività di ibridi naturali. Soggetti così cresciuti cercheranno di riprodursi con una specie differente dalla loro in maniera spontanea (Crawford, 1991; Fox, 2017).

Un *imprinting* di tipo totale sull'uomo fa sì che il rapace non identifichi un proprio simile come partner per la riproduzione e probabilmente non si riprodurrà mai con un suo conspecifico. Soggetti "imprintati" completamente sull'uomo manifesteranno comportamenti legati alla sessualità, come il corteggiamento e la copula, nei confronti del proprio addestratore/allevatore, aspetti questi che agevolano la pratica della riproduzione artificiale. Infatti, nell'ambito della riproduzione artificiale si prediligono soggetti "imprintati" sull'uomo. L'allevatore per mantenere vivi questi comportamenti dovrà interagire quotidianamente con il rapace, in particolar modo simulazioni di corteggiamento

come l'offerta del cibo sono molto efficaci. Anche maneggiare i rapaci e farli volare o cacciare con le tecniche di falconeria contribuisce a rafforzare il legame tra rapace e l'allevatore/addestratore.

Se i pulli vengono cresciuti in maniera parentale (dai genitori biologici) saranno idonei ad un modello riproduttivo incentrato sulla riproduzione naturale ed identificheranno come potenziale partner un proprio conspecifico.

Nell'ambito di rapaci che devono essere reintrodotti in natura è fondamentale che non ci siano forme di *imprinting* sull'uomo; i soggetti devono quindi provenire da una forma di allevamento naturale o che non comprenda l'associazione della figura umana come proprio simile (Crawford, 1991; Fox, 2017).

Rapaci che trascorrono una fase della propria "finestra di *imprinting*" con i propri genitori ed una parte con l'uomo svilupperanno forme di "*imprinting* incompleto" o "doppio *imprinting*". In allevamento normalmente si generano queste situazioni in due casi:

- quando si allevano i pulli imbeccandoli a mano per qualche giorno o settimana prima di restituirli ai genitori;
- quando i pulli vengono allevati dai propri genitori naturali ma vengono prelevati dall'allevatore quando ancora la loro "finestra di *imprinting*" è aperta.

In allevamento raramente soggetti così allevati tentano di riprodursi con l'uomo ma talvolta non intraprendono la copula neanche con i conspecifici. L'*imprinting* è un processo considerato irreversibile ed è perciò determinante la gestione di questa fase in allevamento.

Forme di *imprinting* sull'uomo, specialmente se totali, possono anche portare ad una forte aggressività del rapace nei confronti delle persone e soprattutto del proprio falconiere. Queste problematiche sono più comunemente riscontrabili in alcuni generi appartenente all'ordine *Accipitriformes*, come gli astori.

Questa è una delle motivazioni per le quali è necessario un elevato grado di esperienza per la gestione dell'*imprinting* e per un corretto impiego dei soggetti "imprintati" (Crawford, 1991; Fox, 2017).



**Figura 6.** Fase di *imprinting* sull'uomo di un pullo di capovaccaio pileato (*Necrosyrtes monachus* Temminck, 1823) (Fonte: <https://blog-puydufouentoledo.puydufou.com>)

## **5. GESTIONE DEI FUTURI RIPRODUTTORI E INCUBAZIONE DELLE UOVA**

### **5.1 ALLEVAMENTO DEI FUTURI RIPRODUTTORI**

Essendo l'*imprinting* di fondamentale importanza per l'inizio e il corretto conseguimento di un progetto riproduttivo è necessario effettuare le giuste scelte di allevamento avvalendosi delle tecniche più idonee al modello riproduttivo che si vorrà usare in futuro.

La gestione dell'allevamento nei primi mesi di vita del rapace definirà molte sue componenti psicologiche e caratteriali, che resteranno indelebili nel tempo, e determinerà il suo possibile utilizzo in allevamento.

Spesso insuccessi nella riproduzione in cattività dei rapaci sono legati a problematiche nate nelle prime fasi di allevamento dei pulli, e in particolare a come è stato gestito la fase di *imprinting*. Difficoltà nell'allevamento legate a questi aspetti spesso sono però di difficile individuazione, soprattutto nel momento in cui non si ha una conoscenza dettagliata di come sia stato allevato un determinato rapace.

Nell'allevamento dei rapaci, la scelta della specie che ci si accinge a riprodurre dipende da una moltitudine di fattori. Innanzitutto, è importante considerare la forte eterogeneità biologica intrinseca nella parola rapace, in quanto in caso di specie appartenenti all'ordine *Accipitriformes* si rende necessario un approccio in parte differente rispetto a quello per specie appartenenti agli ordini *Falconiformes* o *Strigiformes*. Quest'ultimo ordine identifica i rapaci notturni che presentano un'indole tendenzialmente più tranquilla rispetto alla gran parte dei rapaci diurni. L'indole dei volatili ha un indubbio effetto diretto sull'allevamento e nel caso di soggetti "imprintati" è più comune riscontrare forme di aggressività negli accipitridi (con possibili complicazioni in allevamento) piuttosto che nei falconidi o strigidi. Spesso la differenza non varia solo da un ordine all'altro o da una famiglia all'altra, ma anche di genere in genere o di specie in specie. In particolare, i risvolti più importanti in questo senso sono rappresentati dal carattere e dalla suscettibilità delle coppie, intesa

come reazione nei confronti di input esterni, come i rumori, aspetto questo di vitale importanza nell'ambito di una riproduzione di tipo naturale (Fox, 2017).

La scelta della specie deve quindi essere effettuata a monte di un progetto riproduttivo e va abbinata al tipo di riproduzione che si vuole adottare, ovvero se optare per un'inseminazione strumentale oppure seguire la via naturale, cercando di formare una coppia in gran parte autosufficiente. Il fattore chiave nella scelta del primo o del secondo approccio è l'*imprinting* che determinerà, non solo il comportamento del rapace per tutta la sua vita, ma anche la figura riproduttiva che sceglierà una volta maturo sessualmente (Fox, 2017).

Nella scelta della specie designata dovremmo anche considerare il clima della zona di allevamento, assicurandoci che sia idoneo per i futuri riproduttori; pertanto, allevare specie autoctone di una determinata area è maggiormente consigliabile. Infatti, ad esempio, è più frequente osservare problematiche di varia natura con specie nordiche, come *Bubo scandiacus* (Linnaeus, 1758), quando vengono allevate in fasce climatiche più calde. Allo stesso modo rapaci provenienti da climi più caldi, come molti avvoltoi, possono soffrire con temperature intorno a 0 °C.

L'ampia differenza tra le varie specie comporta anche una diversa scelta della voliera e del suo allestimento interno, prestando particolare attenzione alla zona del nido. Le dimensioni delle voliere devono essere appropriate e variano non solo in base alla specie che verrà ospitata al loro interno ma anche in base alle tecniche riproduttive che verranno impiegate dall'uomo. Infatti, le voliere utilizzate per la riproduzione artificiale presentano dimensioni minori rispetto alle strutture messe a disposizione per le coppie che si riprodurranno naturalmente. La voliera deve essere inoltre un luogo quanto più confortevole possibile per la specie designata ed ha il compito di fornire un riparo adeguato dalle intemperie (Fox, 2017). Talvolta anche il diverso temperamento di un rapace può comportare l'adozione di modifiche strutturali ad una voliera; per rapaci definiti "più nervosi", come quelli appartenenti al genere falco, è preferibile utilizzare voliere quasi del tutto chiuse e collocare le stesse in luoghi appartati, dove i soggetti non possono essere disturbati da rumori esterni. Questa

problematica è di minor importanza in tutto il mondo dei rapaci notturni che solitamente presentano un temperamento più pacato e meno suscettibile agli stress ambientali.

Anche le scelte della tipologia della zona nido mutano a seconda delle diverse esigenze delle specie: la gran parte dei rapaci predilige nidi posti in zone alte della voliera, mentre ci sono eccezioni come il gufo reale (*Bubo bubo* Linnaeus, 1758) che, in cattività, è solito deporre le uova direttamente sul terreno. Falconi di grandi dimensioni come il falco pellegrino o il girfalco (*Falco rusticolus* Linnaeus, 1758) vengono riprodotti con successo dall'uomo utilizzando zone nido a forma di cassetta rettangolare, mentre per molti rapaci notturni di piccola taglia come l'assiolo facciabianca (*Ptilopsis leucotis* Temminck, 1820) vengono utilizzati nidi chiusi, di forma simile ad un cubo con un foro circolare di ingresso da dove i soggetti possono entrare. Esistono numerose tipologie di strutture per la riproduzione in cattività e la variabile che probabilmente condiziona maggiormente la loro adozione è appunto la scelta della specie da riprodurre (Fox, 2017).

Risulta quindi evidente come la scelta dei riproduttori sia un momento critico, che si trova a monte di un progetto riproduttivo e non possa dipendere unicamente dalle preferenze dell'allevatore. Nell'ambito di progetti finalizzati alla reintroduzione in natura si è vincolati a determinate tecniche di allevamento che non permettono ai pulli di associare la figura umana come proprio consimile. Contrariamente nell'ambito del tradizionale allevamento in cattività di rapaci impiegati in falconeria, l'allevatore può optare per due modelli riproduttivi differenti: riproduzione naturale o quella artificiale tramite l'inseminazione strumentale. Alcune specie possono essere predisposte maggiormente per la prima o la seconda modalità mentre altre possono essere riprodotte con ambedue i metodi.

La fase di allevamento rappresenta un momento molto delicato a causa della estrema fragilità dei pulli specialmente nei primi giorni di vita. Per i rapaci allevati in cattività l'allevatore dovrà scegliere la tecnica più adeguata a seconda delle diverse circostanze. Anche in questo caso la prima scelta che si pone è se lasciare gestire questa fase ai genitori naturali oppure all'uomo. Essendo i primi giorni di vita i più delicati in assoluto, è quasi sempre consigliabile rimuovere i pulli e metterli in una camera

calda con temperatura leggermente inferiore a quella di cova. In questa fase gli occhi dei pulli sono ancora chiusi, e l'allevatore provvederà ad alimentarli imbeccandoli ad intervalli di tempo regolari, avvalendosi di un paio di pinze.

Successivamente la scelta che si deve effettuare nell'allevamento consiste nel decidere se portare i pulli nel nido della voliera assieme ai genitori oppure continuare con l'allevamento da parte dell'uomo. Nel primo caso si presterà attenzione al numero di giorni di età dei pulli prima che essi vengano reinseriti con i loro genitori, poiché la diversa età comporterà un *imprinting* differente: se i pulli tornano con i genitori quando hanno ancora gli occhi chiusi, oppure aperti da pochi giorni, non si avrà alcuna forma di *imprinting* sull'uomo. Se invece verranno allevati dall'uomo per diversi giorni o settimane prima di essere restituiti ai genitori, si avranno forme di “*imprinting* incompleto” o “doppio *imprinting*”. La fase di restituzione dei pulli ai genitori è una delle fasi più complesse in quanto c'è il rischio che quest'ultimi adottino un comportamento aggressivo nei loro confronti; per ovviare a questa problematica spesso i pulli vengono riposti nel nido coperti da una rete in modo che l'allevatore possa osservare il comportamento dei genitori nei loro confronti. In allevamento, per questa fase di reintroduzione dei pulli con la coppia di genitori, sono stati impiegati con successo anche “trucchi” come quello di riporre il pullo in un uovo d'oca precedentemente rotto; se si adotta questo stratagemma, la reazione di genitori, che normalmente mostrano aggressività verso i pulli reintrodotti nel nido, è spesso positiva (Fox, 2017).

I pulli possono anche essere affidati ad una “balia”, ovvero ad una femmina di rapace particolarmente portata per l'allevamento, che crescerà i pulli nel migliore dei modi anche se non sono suoi “figli legittimi”. Le balie sono un'ottima risorsa in allevamento e garantiscono che il rapace abbia una crescita totalmente parentale.

Al contrario se i pulli verranno reinseriti tardivamente con i genitori, oppure vengono prelevati dalla voliera quando hanno ancora la “finestra di *imprinting*” aperta, si avranno casi di “*imprinting* incompleto” o di “doppio *imprinting*” sull'uomo e sui conspecifici (Fox, 2017). Queste forme di *imprinting* possono avvenire anche se i rapaci vengono allevati unicamente dall'uomo ma non

singolarmente bensì in gruppo. In questo caso essi subiranno un processo di *imprinting* sia sui fratelli che sul falconiere che li alleva. Questi aspetti sono determinanti nella riproduzione in quanto una tipologia di *imprinting* di questo genere potrà causare “confusione” nei rapaci una volta sessualmente maturi, con la conseguente incapacità di individuare chiaramente il partner.

È perciò di fondamentale importanza conoscere la storia dei rapaci che ci si accinge a far riprodurre in cattività sia in caso di progetti finalizzati alla reintroduzione in natura che per rapaci utilizzati in falconeria. Rapaci cresciuti da conspecifici, quindi parentali, saranno maggiormente adatti per un impiego nell’ambito della riproduzione naturale.

Quando un pullo viene allevato singolarmente ed interamente dall’uomo subirà inevitabilmente il processo di “*imprinting* totale”. Rapaci così allevati saranno predisposti ad un modello riproduttivo artificiale in quanto tenderanno a riconoscere come proprio simile la figura umana e di conseguenza, una volta divenuti sessualmente maturi, corteggeranno il loro allevatore (Fox, 2017).

## **5.2 INCUBAZIONE DELLE UOVA**

Una volta praticata la tecnica di I. S. oppure aver permesso alla coppia dei riproduttori la copula in maniera autonoma, segue la fase di incubazione delle uova, che possono essere affidate ai genitori oppure riposte in incubatrici artificiali. Queste due opzioni sono ambedue possibili in entrambi i modelli di allevamento; si possono prelevare le uova da una coppia che si è riprodotta naturalmente e metterle in incubatrice come si possono lasciar covare naturalmente le uova ad una femmina di rapace che è stata fecondata per mezzo della inseminazione strumentale.

Nel caso in cui il compito sia affidato ai genitori naturali, essi una volta intrapresa la cova rimarranno sulle uova continuamente e non lasciandole quasi mai scoperte. In quasi tutte le specie il maschio si alterna alla femmina nella cova ma è quest’ultima a rimanere nel nido per un tempo maggiore. Il numero delle uova nelle nidiate di rapaci, specialmente se paragonato con le specie avicole, è esiguo e varia di specie in specie, come variano anche i giorni di cova necessari affinché l’embrione sia del tutto sviluppato. Le penne del ventre della femmina solitamente cadono lasciando sotto il ventre una

zona piuttosto ampia di pelle nuda, priva di piume, la cui caduta è legata all'azione degli ormoni estrogeni e della prolattina; questa peculiarità permetterà al rapace di diffondere maggior calore durante la cova (Fox, 2017).

In questa fase la temperatura è determinante per il corretto sviluppo dell'embrione, i suoi livelli ottimali sono compresi tra i 34 ed i 39 °C. Nell'ultima fase della cova lo stesso embrione, che cresce velocemente ed ha un metabolismo molto intenso, contribuirà a generare calore (Fox, 2017). La rotazione delle uova è un altro comportamento essenziale che i genitori effettuano istintivamente. Esso limita aderenze premature delle membrane extraembrionali, favorisce gli scambi di nutrienti tra embrione e albume, e permette di muovere le uova che si trovano ai bordi del nido verso il centro. La rotazione inoltre è vitale per lo sviluppo della rete di capillari che va a formare la membrana corio-allantoide che riveste la parte interna del guscio. Uova che non vengono ruotate in maniera adeguata presentano problematiche nella formazione di questa membrana che si traduce in una diminuzione della percentuale di schiusa. Se le fasi precedenti saranno portate avanti con successo dai genitori si arriverà prima ad una leggera rottura del guscio. Questa rottura solitamente avviene in corrispondenza del polo ottuso dell'uovo; se ciò non avviene è un segnale indicativo del cattivo posizionamento del pullo all'interno dell'uovo. In questa fase è importante anche il mantenimento dell'umidità nel nido al fine di non far seccare le membrane dell'uovo, motivo per il quale i genitori tendono ancora a rimanere sul nido coprendo le uova. Seguirà poi la fase di schiusa (Figura 7) vera e propria delle uova (Fox, 2017).



**Figura 7.** Schiusa uova di *Falco peregrinus* (Tunstall, 1771) (Fonte: [www.mlive.com](http://www.mlive.com))

L'utilizzo di incubatrici durante la fase di cova implica di dover riprodurre nella maniera più consona possibile il lavoro che i genitori effettuano istintivamente. Importante è l'impiego di attrezzature adeguate, ovvero incubatrici professionali per rapaci (Figura 8). I fattori chiave di un'incubazione artificiale sono quindi la temperatura e l'umidità. La prima può variare da un genere di rapaci all'altro ma indicativamente i risultati migliori in cattività si ottengono con temperature attorno ai 37,2 °C. L'umidità è un aspetto di più difficile comprensione e durante un'incubazione artificiale tale parametro è influenzato anche dall'umidità esterna del luogo dove è ubicata l'incubatrice. Se vi sono problematiche legate al fattore umidità spesso gli embrioni non riescono a svilupparsi in maniera adeguata (umidità eccessiva) oppure le uova non riescono a schiudersi a causa di un'eccessiva secchezza delle membrane (umidità insufficiente).

Durante l'incubazione artificiale è importante il continuo e regolare monitoraggio da parte dell'allevatore. È consigliabile pesare le uova piuttosto regolarmente in modo da poter controllare la regolarità o meno della caratteristica perdita di peso. In un uovo fertile che si sviluppa normalmente, tra l'inizio della cova e la schiusa, si osserva la perdita di circa il 16% del peso iniziale dell'uovo (Fox, 2017).



**Figura 8.** Uova di falconiformi incubate artificialmente (Fonte: [www.nad.ae](http://www.nad.ae))

La schiusa è un momento cruciale e spesso pur utilizzando incubatrici affidabili non si può essere sicuri della buona riuscita della fase di incubazione fino a questo momento, ossia quando il pullo passa dalla respirazione allantoidea a quella polmonare. L'inizio della respirazione polmonare si può intuire molto chiaramente grazie ai "pigolii" emessi; il pullo forerà quindi il guscio in corrispondenza della camera d'aria utilizzando il diamante del becco, una piccola protuberanza presente sulla punta del piccolo becco. L'allevatore deve essere in grado di valutare, a seconda dei vari casi, se sia necessario intervenire ed aiutare il pullo durante la schiusa o meno; se possibile è sempre indicato non intervenire e non agire in maniera frettolosa, in quanto dalla prima flebile rottura del guscio alla schiusa vera e propria possono passare anche 72 ore. I più veloci in questa fase sono probabilmente gli accipitridi che completano la schiusa in 24 ore. L'utilizzo di incubatrici permette inoltre di sincronizzare le nascite che altrimenti, in un modello riproduttivo naturale, sarebbero sfalsate di qualche giorno tra un uovo e l'altro, visto che le uova vengono deposte dalla femmina a giorni alterni e spesso la cova inizia quando ancora non è terminata la fase di deposizione delle uova (Fox, 2017). Grazie alle moderne tecnologie in allevamento si ottengono percentuali di schiusa maggiori con l'impiego di incubatrici piuttosto che con covate gestite interamente dai genitori, in maniera analoga

alle differenze che si riscontrano tra l'uso della I. S. e riproduzione naturale. Talvolta in cattività non è raro riscontrare coppie di rapaci che arrivano a rompere le uova a causa di incompatibilità tra i partner o in seguito a condizioni di disturbo che causano loro condizione di stress.

## 6. RIPRODUZIONE NATURALE IN CATTIVITA' NEI RAPACI

Si parla di riproduzione naturale in cattività quando una coppia di rapaci si riproduce con successo effettuando l'atto della copula autonomamente, senza l'intervento dell'uomo (Figura 9). Per permettere che questa pratica in cattività venga conseguita con successo sono necessarie una serie di accortezze: la prima è rappresentata dalla scelta dei riproduttori, i quali dovranno avere una gamma di caratteristiche idonee alla riproduzione e grazie alle quali ci sarà la possibilità di accoppiamento con la nascita di una prole senza problematiche di natura genetica.

Purtroppo, in falconeria ancora oggi il pedigree, ossia la conoscenza degli ascendenti di linea paterna e materna, è uno strumento molto poco utilizzato, e spesso non si è del tutto consapevoli dei possibili legami di parentela tra due riproduttori. Tale aspetto richiede una conoscenza approfondita anche della consanguineità e dei suoi effetti, da considerare e approfondire prima dell'avvio di un progetto riproduttivo consapevole. La non conoscenza del grado di parentela tra i soggetti che formano la coppia fa sì che spesso gli effetti della consanguineità si osservino direttamente sul campo, e quando ormai è troppo tardi, con la nascita di pulli con difetti morfologici, come ad esempio la comparsa di alule sporgenti (piccole protuberanze piumate sul bordo anteriore dell'ala), del becco incrociato, o con una percentuale di schiusa molto ridotta (Fox, 2017).



**Figura 9.** Coppia di Capovacciai (*Neophron percnopterus* Linnaeus, 1758) in cattività, ospite presso il Centro Rapaci Minacciati (CERM) di Grosseto (Fonte: [www.lifeegyptianvulture.it](http://www.lifeegyptianvulture.it))

Nella scelta dei riproduttori oltre a prestare quanta più attenzione possibile riguardo la componente genetica e di parentela tra i due riproduttori, si possono utilizzare criteri riguardanti la morfologia dei soggetti ed effettuare delle vere e proprie misurazioni degli stessi come riportato dal Dr. Nick Fox nel libro “*Understanding the bird of prey*” (Fox, 2017). Alcune di queste misurazioni sono:

- lunghezza alare (distanza in linea retta dal carpo alla punta della remigante primaria più lunga, da effettuare con l’ala appiattita);
- larghezza alare (distanza tra il carpo e la punta della remigante secondaria numero cinque);
- rapporto alare (larghezza alare / lunghezza alare x 100);
- apertura alare (distanza che intercorre tra le estremità delle ali);
- lunghezza della coda (misurata dalla punta della retrice centrale fino al punto in cui la penna esce dalla pelle);
- peso (parametro molto importante nella scelta di rapaci utilizzati in falconeria).

Queste misurazioni relative alla morfologia dell’animale sono facilmente reperibili, mentre comprendere la componente psicologica dei rapaci è molto più complesso e richiede un certo grado di esperienza. In primo luogo, nell’ambito della riproduzione naturale si deve prestare molta attenzione alla fase di *imprinting*: un rapace che ha subito un processo di *imprinting* sull’uomo non riconoscerà un suo simile come tale e, di conseguenza, non solo non si riprodurrà con esso ma potrà mostrare una forte aggressività nei suoi confronti. I risvolti più importanti dell’*imprinting* sull’uomo in ambito etologico si hanno proprio nella sfera riproduttiva e questo concetto è fondamentale soprattutto nei volatili, come testimoniano gli studi di Konrad Lorenz riportati nel libro “*L’anello di Re Salomone*”. L’*imprinting* può avere diverse sfaccettature e, di rado, è stato visto che in allevamento possono verificarsi delle eccezioni, costituite da rapaci “imprintati” sull’uomo che si riproducono ugualmente tra loro; casi di questo tipo sono estremamente rari nei rapaci diurni mentre accadono più frequentemente in coppie di rapaci notturni. I rapaci che hanno ricevuto un *imprinting* sull’uomo tendono a vocalizzare quando vedono una persona, in particolare il proprio addestratore; tuttavia, questo comportamento può diminuire o svanire con l’età e ciò rende più complesso

individuare rapaci “imprintati” in età adulta (Fox, 2017). Riprodurre i rapaci in maniera naturale richiede quindi che i soggetti designati per l'accoppiamento siano stati entrambi cresciuti dai propri genitori naturali o da individui della stessa specie, in modo che riconoscano i propri conspecifici come potenziali partner. Nell'ambito della falconeria una componente psicologica molto importante e utilizzata come criterio di selezione in allevamento, sono le prestazioni in volo del rapace. A tal proposito bisogna considerare però che esse dipendono anche dall'abilità del falconiere e sono, di conseguenza, di difficile individuazione. Parametri come le misurazioni morfologiche o le prestazioni di volo e di caccia dei rapaci sono fattori fondamentali nell'allevamento di rapaci da falconeria, mentre per l'allevamento di rapaci legato a progetti finalizzati alla reintroduzione in natura degli stessi si presta maggior attenzione alla componente genetica.

Una volta selezionati, i due riproduttori designati verranno inseriti insieme in una voliera. Altre componenti che influiranno sul successo riproduttivo sono:

- l'idoneità/attitudine mentale alla riproduzione che può dipendere dal singolo soggetto ed essere influenzata dalla tipologia di *imprinting* ricevuto;
- il legame di coppia.

Tale legame che si instaura tra i due soggetti varia di coppia in coppia; infatti, non tutti i rapaci si accoppiano, anche se sono stati cresciuti rispettando tutte le regole sopra menzionate. Un legame di coppia poco saldo si può ripercuotere in comportamenti indesiderati come la rottura delle uova da parte dei genitori oppure con segni di aggressività tra i due partner. In questo ambito l'aggressività può essere uno dei problemi più comuni ai quali l'allevatore deve far fronte. In particolare, i rapaci presentano tutti uno spiccato dimorfismo sessuale, secondo il quale le femmine sono più grandi dei maschi (solitamente circa il 30% del peso corporeo, in alcune specie la femmina può arrivare a pesare il doppio del maschio). Di conseguenza atteggiamenti violenti della femmina nei confronti del maschio possono sfociare anche nell'uccisione di quest'ultimo, motivo per il quale l'allevatore deve intervenire ai primi cenni di aggressività. Per prevenire in parte questi comportamenti spesso si inserisce la femmina nel territorio del maschio, ovvero in una voliera dove il maschio è presente da

un tempo abbastanza lungo (Fox, 2017). Spesso la femmina viene inserita assicurata ad un blocco da falconeria, in modo che l'allevatore può osservare il suo comportamento prima di liberarla. Le voliere progettate per la riproduzione naturale devono essere sufficientemente ampie per garantire un corretto movimento dei rapaci all'interno, in quanto quest'ultimi durante tutto il periodo riproduttivo non vengono fatti volare dal falconiere per non turbare il loro legame di coppia. Un'ampiezza adeguata delle strutture può anche fornire riparo ad uno dei soggetti qualora si presentino comportamenti aggressivi tra i partner. L'allestimento delle voliere per la riproduzione naturale richiede quindi maggior attenzione rispetto a quelle designate ad una riproduzione di tipo artificiale in quanto la coppia rimarrà al loro interno per molto tempo. A tal proposito, l'allevatore dovrà prevedere un numero di posatoi adeguati, delle superfici di facile pulizia, una zona nido, un sistema per inserire il cibo e l'acqua dall'esterno senza turbare i riproduttori. Voliere di questo tipo sono solitamente quasi completamente chiuse proprio per non disturbare la coppia. È necessario però allo stesso tempo essere in grado di osservare i riproduttori in modo da poter intervenire qualora sorgano malattie o problematiche di diverso tipo; per fare ciò si può utilizzare uno spioncino posto in prossimità del nido e/o le aperture usate per inserire il cibo. È preferibile non utilizzare un tetto che copra totalmente la voliera, ed è consigliato prevedere metà del tetto in rete o tale da permettere ai rapaci di vedere fuori; inoltre, questo permetterà al rapace di scegliere se bagnarsi o meno durante un evento piovoso (Fox, 2017).

Avere una voliera quasi completamente chiusa risulta invece quasi indispensabile in caso si gestiscano i rapaci di indole nevrotica, come quelli appartenenti alla famiglia dei *falconidae*. Subito prima del periodo riproduttivo si possono inserire rami all'interno della voliera in modo che la coppia possa utilizzarli per allestire il nido; questo è un comportamento tipico degli accipitridi mentre i falconi in cattività sono soliti deporre sopra un letto di ghiaia (Fox, 2017).

Se la coppia è compatibile ed è cresciuta in maniera idonea si assisterà al corteggiamento durante la stagione riproduttiva, variabile da specie a specie, anche se la maggior parte dei rapaci predilige il periodo primaverile per la riproduzione a causa dell'abbondanza di prede disponibili in natura.

Per monitorare la coppia, cercando al contempo di turbarne il meno possibile l'equilibrio in allevamento, possono essere anche impiegate telecamere poste nell'angolo della voliera sopra la zona nido.

Il modello di riproduzione naturale in cattività richiede un impegno ridotto da parte dell'uomo, mentre questo diventa elevato in casi si adotti la riproduzione artificiale; inoltre, l'adozione di tale modello riproduttivo presenta molte problematiche, alcune delle quali sono difficilmente controllabili e che per essere comprese interamente dall'uomo necessitano di tempi molto lunghi. La selezione dei riproduttori in caso di riproduzione naturale è complessa in quanto il legame di coppia e il corteggiamento devono instaurarsi per volontà dei rapaci, mentre nell'ambito della riproduzione artificiale si possono selezionare i soggetti con molta più facilità (Figura 10) basandosi sul loro grado di *imprinting* sull'uomo. Anche il numero dei pulli nati è maggiore quando si adottano le tecniche di inseminazione strumentale rispetto alla copula naturale (Fox, 2017).



**Figura 10.** Femmina di falco pellegrino corteggia il proprio falconiere pronta per accettare volontariamente l'inseminazione strumentale (Fonte: [www.centrodehalconesmadrid.blogspot.com](http://www.centrodehalconesmadrid.blogspot.com))

## 7. RIPRODUZIONE ARTIFICIALE E INSEMINAZIONE STRUMENTALE NEI RAPACI

Per riproduzione di tipo artificiale si intende un modello riproduttivo nel quale la copula viene riprodotta artificialmente, prelevando il seme dal maschio per poi fecondare la femmina. Per effettuare queste operazioni senza nuocere alla salute degli animali è fondamentale l'esperienza dell'allevatore ed anche in questo contesto l'*imprinting* ricopre un ruolo fondamentale.

La scelta dei riproduttori in questo caso sarà incentrata su soggetti "imprantati" sull'uomo in maniera completa. Per rapace che ha subito un "*imprinting* totale" sull'uomo si intende quel soggetto che sin dalla nascita è stato cresciuto ed ha vissuto assieme all'uomo. Sono presenti, infatti, forme di "*imprinting* intermedio" nel caso in cui il rapace abbia trascorso una parte della propria crescita con l'uomo e l'altra con i suoi conspecifici (Fox, 2017). A seconda della specie di rapace si ha una "finestra di *imprinting*" più o meno ampia, con la quale si intende quel periodo sensibile in cui l'animale assorbe tutte le informazioni dall'ambiente che lo circonda ed in particolare identifica le proprie figure genitoriali. In base a quanti e quali giorni sono stati trascorsi dal rapace con l'uomo o con i propri simili si avranno diverse tipologie di *imprinting*. È stato osservato che la "finestra di *imprinting*" è più ampia e, di conseguenza, il processo di *imprinting* dura più a lungo nelle specie più intelligenti; questo è frequentemente osservabile nel mondo dei rapaci.

Le tecniche di riproduzione artificiale sono più idonee per rapaci che hanno avuto un "*imprinting* totale" sull'uomo in quanto questi ultimi, se maschi, tendono a corteggiare l'allevatore e donare volontariamente il seme; mentre, se femmine, tendono anch'esse a corteggiare la propria figura di riferimento -ovvero l'allevatore- che riconoscono come partner e spesso accettano volontariamente di essere fecondate (Fox, 2017). Forme di "*imprinting* incompleto" possono dare come risultato rapaci che mostrano segni di corteggiamento nei confronti dell'allevatore ma non accettano di essere toccati oppure, in estreme situazioni, ignorano totalmente l'uomo sotto l'aspetto riproduttivo. In questi ultimi casi è però possibile utilizzare metodi coercitivi per fecondare la femmina e/o ottenere seme da un maschio mediante la spremitura forzata. Operare con la tecnica di inseminazione strumentale

applicata a riproduttori volontari è più semplice sia per l'allevatore sotto il profilo pratico, che ottimale per il benessere animale in quanto evita lo stress da contenimento nei rapaci riproduttori (Fox, 2017).

La tecnica di inseminazione strumentale (I. S.) in falconeria viene applicata quasi esclusivamente a falconi, aquile ed astori; questi generi rappresentano le tipologie di rapaci che più si prestano a tale tecnica. Nello specifico, i falconi costituiscono il genere più riprodotto con la tecnica della inseminazione strumentale. Spesso per la raccolta del seme l'uomo indossa un cappello ricoperto da un foglio di silicone ricco di piccole cellette (Figura 11). I falchi come gli astori sono istintivamente inclini a saltare sulla testa dell'operatore/addestratore/allevatore e rilasciare il seme che potrà così essere raccolto. Ci sono però eccezioni costituite da rapaci che tendono a copulare sul piede o sul ginocchio dell'allevatore, motivo per il quale sono state ideate anche scarpe e ginocchiere ricoperte da cellette di silicone per poter raccogliere il materiale seminale.



**Figura 11.** Cappello utilizzato per raccogliere il materiale seminale di rapaci donatori volontari

(Fonte: [www.avianbreeding.co.uk](http://www.avianbreeding.co.uk))

A questo punto, una piccola quantità di seme viene analizzata per valutare le caratteristiche quantitativo-qualitative del seme ed accertarsi dell'assenza di feci o altre impurità che potrebbero compromettere la salute della femmina. Il seme donato volontariamente è di solito di qualità migliore rispetto a quello raccolto coercitivamente. Si deve sempre considerare, sia nell'ambito di una eiaculazione volontaria che con seme ottenuto per spremitura, che si avrà una quantità sufficiente di seme solo nella stagione riproduttiva, solitamente nel periodo primaverile da marzo a giugno, a seguito del fisiologico ingrossamento delle gonadi. Nel caso della riproduzione di ibridi (individui generati dall'incrocio di rapaci appartenenti a diverse taxa), questo aspetto è di vitale importanza perché si potrebbero avere difficoltà nell'allevare ibridi provenienti da specie differenti che possono avere anche differenti periodi riproduttivi. Se non si ha la possibilità di ottenere del seme in maniera volontaria si può optare per la spremitura mantenendo alcune accortezze:

- è consigliabile che il maschio non abbia mangiato nelle dodici ore antecedenti alla spremitura in modo che vi sia meno contenuto fecale nel seme;
- l'operatore che effettua la spremitura deve possedere una buona conoscenza dell'apparato riproduttore maschile dei rapaci e dimestichezza nel maneggiarli in modo da evitare lesioni alla cloaca o altri danni fisici al rapace.

L'atto della spremitura in sé consiste in una leggera pressione apportata dall'uomo con due dita nella parte esterna della cloaca. Questo atto dura pochi secondi e può essere ripetuto più volte; quando si allenta la pressione il seme presente nei dotti deferenti fluisce verso il basso nella zona della cloaca che si è appena svuotata grazie alla precedente pressione (Fox, 2017). In questa fase, l'aggiunta di un diluente (Beltsville Poultry Semen Extender, BPSE) sulla superficie esterna della cloaca incrementa l'efficienza della raccolta del seme ed impedisce la formazione di bolle (Gee et al., 2004). Durante questa breve procedura per limitare lo stress nei confronti del rapace è importante utilizzare un appropriato cappuccio per coprire la testa dell'animale, mentre viene tenuto da una seconda persona avvolto in un asciugamano prestando attenzione a non danneggiare il piumaggio. Durante questa fase è importante che la persona che tiene il rapace trattienga con attenzione le zampe per evitare dolorose

artigliate agli operatori. Il seme fuoriuscito, una volta prelevato, verrà in una piccola quantità analizzato al microscopio, ponendolo sopra un vetrino. In particolar modo, si valuterà la motilità (che è legata alla percentuale di fertilità) e l'eventuale presenza di materiali indesiderati, come le feci, che potrebbero causare peritoniti o sterilità se inseriti nell'ovidotto della femmina. Nell'ambito pratico di allevamento la problematica principale è legata alle esigue quantità di seme che si riescono ad ottenere, mentre la presenza di materiale fecale nel seme è minima quando l'allevatore ha un livello di esperienza adeguato (Fox, 2017).

Una volta ottenuto, il seme deve essere introdotto in modo opportuno nell'ovidotto della femmina. Una delle principali difficoltà in questa operazione consiste nel fatto che non è prudente estroflettare l'ovidotto del rapace quando l'uovo in formazione si trova in uno stato avanzato del ciclo, soprattutto se ha già il guscio. Ne consegue che le inseminazioni strumentali devono essere effettuate entro le dodici ore dalla deposizione dell'uovo precedente; i risultati migliori in allevamento sono ottenuti con inseminazioni effettuate entro le 2-4 ore dalla deposizione. Per queste motivazioni il primo uovo deposto non sarà mai fertile ma rappresenta il campanello di allarme per l'allevatore che avvisa dell'inizio della deposizione da parte di una determinata femmina. Potenzialmente ogni inseminazione può fecondare fino a 3 uova (in base alla quantità e qualità del materiale seminale); queste vengono deposte dalla femmina circa ogni 48 h. Se la femmina non mostra segni di stress, inseminare entro poche ore dopo la deposizione di ogni uovo è l'approccio che, con il metodo coercitivo, porta ad un maggiore numero di uova fertili (Fox, 2017). Per questo tipo di inseminazione, il rapace deve essere maneggiato ed avvolto da un asciugamano in maniera analoga al procedimento di spremitura e l'operatore, esercitando una leggera pressione, andrà ad estroflettare l'ovidotto dove sarà depositato il materiale seminale, oppure avvalendosi di uno speculum di appropriata misura, la cui adozione dipende dalle competenze del falconiere (Figura 12). Se il rapace accetta di farsi inseminare volontariamente dal falconiere che riconosce come partner, dovremmo ripetere l'operazione più volte durante la giornata andando a simulare i ritmi di accoppiamento naturali che comprendono molte copule giornaliere. In questo caso ogni singola inseminazione avrà, rispetto ad

un'inseminazione coercitiva, meno probabilità di dare uova fertili ma sicuramente il rapace avrà un rapporto molto più sereno con l'uomo e dal punto di vista pratico risulta essere un procedimento meno complicato. L'utilizzo di un mestruo diluitore miscelato al materiale seminale precedentemente valutato sotto il profilo quanti-qualitativo, permette di aumentare il numero di inseminazioni strumentali possibili con uno stesso eiaculato raccolto (Gee et al., 2004).



**Figura 12.** Inseminazione strumentale coercitiva (Fonte: Blanco et al., 2009)

A causa della necessità da parte dell'allevatore di manipolare i rapaci, le strutture che ospitano i riproduttori destinati al metodo di riproduzione artificiale sono più piccole rispetto alle voliere impiegate nella riproduzione naturale; solitamente si aggirano attorno ai 2 m di larghezza x 3 m di lunghezza e 3 m in altezza.

I rapaci utilizzati per la riproduzione artificiale possono essere fatti volare dal falconiere per una finestra temporale maggiore rispetto ai riproduttori impiegati in riproduzione naturale, specialmente se hanno ricevuto un *imprinting* adeguato. Spesso sono gli stessi rapaci che cambiando il comportamento di volo in prossimità della stagione riproduttiva permettono al falconiere di capire che un determinato soggetto è pronto per riprodursi (Fox, 2017).

In allevamento si ha la possibilità di ricorrere alla metodologia della I. S. precedentemente descritta anche nel caso di coppie designate ad una riproduzione naturale qualora queste non si dovessero riprodurre con successo. La riproduzione artificiale è una pratica moderna che potrebbe essere strategica per progetti di allevamento in cattività e reintroduzione in natura di specie considerate a rischio d'estinzione visto che, mediamente, il numero di uova fertili ottenuto è maggiore rispetto ai risultati raggiunti con il metodo di riproduzione naturale. Inoltre, questo sistema di gestione della riproduzione permetterà di effettuare una scelta dei futuri riproduttori molto più efficace in quanto non sarà condizionata dal legame di coppia o dal temperamento maggiormente nevrotico di certe coppie parentali. I pilastri portanti per il buon successo delle tecniche di I. S. sono quindi: la tipologia di *imprinting* che ha subito il rapace e l'esperienza dell'allevatore; sono queste oggi le motivazioni principali per le quali l'inseminazione strumentale è sempre più utilizzata nell'ambito della riproduzione dei rapaci in cattività (Fox, 2017).

## 8. CONSERVAZIONE DELLA BIODIVERSITÀ NEI RAPACI: ESEMPI APPLICATIVI

### 8.1 *THE PEREGRINE FUND*: UN PROGETTO DI ALLEVAMENTO IN CATTIVITÀ E REINTRODUZIONE IN NATURA

Il recupero del falco pellegrino (*Falco peregrinus* Tunstall, 1771) è una delle rare storie di successo riguardanti il salvataggio di specie considerate a rischio estinzione. Negli anni 60' questo falco fu inserito nella lista rossa delle specie minacciate; infatti, negli stessi anni una sua sottospecie endemica del Nord America, *Falco peregrinus anatum* (Bonaparte, 1838), sfiorò l'estinzione. Analogamente anche in Europa le popolazioni di *Falco peregrinus peregrinus* (Tunstall, 1771) videro il loro numero calare vertiginosamente. La causa di un declino così netto e molto rapido è stata poi individuata nei prodotti frequentemente utilizzati in agricoltura in quegli anni (prodotti chimici come aldrina, endrina e dieldrina), e in particolare nell'insetticida DDT (para-diclorodifeniltricloroetano) (Macdonald, 2019). Queste sostanze chimiche influenzarono negativamente in particolar modo la capacità riproduttiva dei pellegrini, le cui uova non riuscivano ad arrivare alla schiusa. Il momento più eclatante di denuncia nei confronti dei pesticidi impiegati in agricoltura e del loro impatto sull'ambiente avvenne nel 1962 con la pubblicazione del libro "*Silent Spring*" di Rachel Carson. Il declino di questa specie divenne sempre più noto all'opinione pubblica e la soluzione fu trovata nella diffusione di quella che venne definita "ornitologia clinica", ovvero far riprodurre i rapaci in cattività per poi seguirli nei programmi di reintroduzione in natura.

Il progetto più conosciuto e che ha riscontrato maggiore successo in questo ambito fu registrato con il nome di *The Peregrine Fund* ed il suo ideatore, Tom Cade, era il direttore del Laboratorio di Ornitologia presso la Cornell University negli Stati Uniti. Il progetto consisteva nel far riprodurre 40 coppie di falco pellegrino (in gran parte donate da falconieri), con l'obiettivo di reintrodurre i nuovi nati in natura, presso una struttura ribattezzata *Peregrine Palace* (Macdonald, 2019). Ogni coppia di falco pellegrino era sorvegliata da telecamere a circuito chiuso. Nel 1973 si iniziarono a conseguire obiettivi consistenti, con ben 20 pulli nati presso il *Peregrine Palace*. Una ulteriore rivoluzione

introdotta con questo progetto è stato l'utilizzo, con successo, di tecniche di I. S. su falchi pellegrini "imprintati" sull'uomo (Figura 13). Il *Peregrine Fund* si avvale dell'aiuto e del supporto di molti falconieri, contributo di fondamentale importanza per riuscire a riportare in natura rapaci nati in cattività, preservando tutte le caratteristiche tipiche di un falco selvatico. Per riuscire a fare ciò vennero utilizzate specifiche tecniche di falconeria, in particolare l'*hacking*. L'*hacking* consiste nel posizionare il pullo di rapace in una scatola-nido (*hack-box*) artificiale posta all'esterno, in quello che sarà il suo territorio almeno nelle prime fasi di vita (Macdonald, 2019). Questa tecnica è utilizzata con successo ancora oggi nei progetti di reintroduzione in natura. L'uomo accudisce i piccoli fornendogli il cibo senza però mostrarsi a loro grazie ad uno sportello presente dietro alla scatola-nido, in questo modo i pulli non subiscono un processo di *imprinting* sulle persone. Il falco cresce comportandosi come se quella scatola fosse il suo nido naturale e viene monitorato mentre compie i suoi primi voli e le prime catture fino a quando non sarà completamente autosufficiente come un suo coetaneo selvatico. In falconeria la tecnica di *hacking* viene usata per far sviluppare una robusta muscolatura ai falconi (talvolta si usa anche per altri generi di rapace) per un breve periodo, soprattutto da giovani, affinché sviluppino anche maggior familiarità e destrezza nel volo, rispetto ai falchi tenuti in voliera. Grazie agli sforzi compiuti con questo progetto numerosissimi pellegrini furono reintrodotti in natura con successo e nel 1999 il falco pellegrino in America è stato depennato dalla lista delle specie in pericolo (Endangered Species Act, ESA) (Macdonald, 2019).

L'enorme valore di questo progetto deriva dal fatto che, per la prima volta nella storia, l'uomo per salvare una specie rapace a rischio di estinzione si è avvalso di metodologie di ornitologia clinica associate a tecniche provenienti dall'arte della falconeria, creando così un modello riproduttivo all'avanguardia che prevedeva l'impiego anche dalla tecnica di inseminazione strumentale. Per queste ragioni il successo del progetto ha avuto un fortissimo valore sia di natura simbolica che pratica, in quanto è stato preso come punto di riferimento da molti progetti simili realizzati successivamente.

Il *Peregrine Fund* si è però evoluto negli anni estendendo il suo campo di azione a molte specie di rapaci, oltre al falco pellegrino, contribuendo così alla salvaguardia di più di 100 specie rapaci in 70

paesi differenti; ed è ancora oggi operativo. Attualmente il progetto è impegnato in Arizona nel recupero del condor della California (*Gymnogyps californianus* G. Shaw, 1797) e del falco aplomado in Texas (*Falco femoralis* Temminck, 1822) oltre che nella ricerca scientifica su gheppi americani (*Falco sparverius* Linnaeus, 1758) e girfalchi (*Falco rusticolus* Linnaeus, 1758) negli Stati Uniti (Burnham et al., 2007). Il *Falco femoralis* (Temminck, 1822) era presente nel Sud-Ovest degli Stati Uniti da dove poi scomparve a causa dei pesticidi e dell'impatto antropico; dal 2002 sono iniziate, in questo areale, le reintroduzioni in natura di questa specie grazie alle attività coordinate dal *Peregrine Fund*. Per il condor della California il declino è stato ancora più drastico, arrivando a soli 22 esemplari nel 1980. I soggetti vennero catturati e riprodotti in cattività, dove hanno generato più di 100 figli. I giovani condor a partire dal 1996 sono stati reintrodotti in natura, dove la prima riproduzione avvenuta con successo avvenne nel 2003. Il rischio più grande per questa specie consiste nell'avvelenamento da piombo, spesso presente nelle carcasse di cui si nutrono. Il *Peregrine Fund Project* sta attualmente effettuando ricerche per identificare gli esatti quantitativi di piombo presenti negli esemplari selvatici.

L'impegno del *Peregrine Fund* non è vincolato soltanto agli Stati Uniti; sono stati effettuati anche vari progetti internazionali, uno dei più noti riguarda l'aquila arpia (*Harpia harpyja* Linnaeus, 1758). Dal 1998 si sono ottenuti i primi risultati positivi con l'allevamento in cattività di tali volatili e la successiva reintroduzione in natura in alcuni stati dell'America Centrale (Panama e Belize) anche di questa specie di rapace. Le reintroduzioni in natura di tale rapace sono terminate nel 2008 ed in totale sono state liberate più di 50 aquile arpia ([www.peregrinefund.org](http://www.peregrinefund.org)).

È dunque evidente come questa metodica di salvaguardia delle specie di rapaci abbia un enorme potenziale. Le tecniche di allevamento in cattività e di reintroduzione allo stato naturale hanno avuto successo in numerosi progetti e rimangono attuali e all'avanguardia per la conservazione di molte specie a rischio di estinzione.



**Figura 13.** Un esemplare maschio appartenente al *Peregrine Fund* intento a donare il seme sopra all'apposito cappello (Fonte: [www.theawl.com](http://www.theawl.com))

## **8.2 THE LIFE LANNER PROJECT: UN PROGETTO PER LA SALVAGUARDIA DEL FALCO LANARIO**

Il falco lanario (*Falco biarmicus* Temminck, 1825) è un rapace che conta cinque sottospecie: *Falco biarmicus biarmicus* (Temminck, 1825), *Falco biarmicus abyssinicus* (Neumann, 1904), *Falco biarmicus erlangeri* (Kleinschmidt, 1901), *Falco biarmicus tanypterus* (Schlegel, 1844), *Falco biarmicus feldeggii* (Schlegel, 1843) distribuite in Sud Europa, Caucaso, Medio Oriente ed Africa. Le diverse sottospecie di questo falco sono popolazioni piuttosto numerose, eccezion fatta per la sottospecie *Falco biarmicus feldeggii* (Schlegel, 1843). Censimenti risalenti all'anno 2015 stimarono la popolazione massima di questa sottospecie attorno alle 408-815 coppie (Figura 14); in Italia erano state censite 123-152 coppie riproduttrici, di cui circa un terzo nella sola regione Sicilia (Corso, 2018).

Come riportato nella tabella di Figura 14, la popolazione di *Falco biarmicus feldeggii* (Schlegel, 1843) risultava essere già nel 2017 drasticamente diminuita (261-462 coppie) rispetto al quadriennio precedente, con un trend negativo in quasi tutti i paesi che rappresentano l'areale di questo falco. In particolare, la popolazione di *Falco biarmicus feldeggii* (Schlegel, 1843) in Sicilia ha subito un drastico calo numerico negli ultimi 30-40 anni, passando dalle 70-90 coppie riproduttive degli anni '80 e '90, alle 30 coppie riproduttive nel 2017. Questo continuo declino, specialmente in Nazioni come l'Italia che presentavano il maggior numero di coppie riproduttrici, destò quindi una forte preoccupazione per la conservazione di questa specie, già considerata a rischio di estinzione (Corso, 2018).

COUNTRY	BREEDING PAIRS Andreotti & Leonardi (2007)	BREEDING PAIRS Leonardi (2015)	BREEDING PAIRS Allavena et al. (2015)	Updated estimate year 2017	TREND
Italy	140-172	140-172	123-152	60-80 (106)	Negative
Turkey	50-200	100-150 (300-600)	200-500	20-30 (50)	Negative
Macedonia	>5	25-35	25-35	15-20 (30)	Stable?
Greece	36-55	38-53	45-75	20 (35-40)	Negative
Montenegro	2-5	8-12	2-5	1-5	Negative
Georgia	5 (tot. combined with Armenia and Azerbaijan)	1-2	1-3	1-2	Negative
Bosnia- Herzegovina	>5	12	1-5	1-2	Negative
Croatia	5-10	5 (10-20)	1-4	1-4	Negative
Serbia	3-5	5-10	0-1	0-1	Negative
Kosovo	?	2-3	0-2	0-1	Negative
Bulgaria	>10	2-3	0-3	0-1	?
Armenia	Rif Georgia	1-2	5-10	? (5)	?
Azerbaijan	Rif Georgia	1	5-20	? (5-10)	?
Tot.	261-462	340-460 (572-960)	408-815	119-171 (257)	Negative

**Figura 14.** Consistenze della popolazione di *Falco biarmicus feldeggii* (Schlegel, 1843) negli Stati dove si estende l'areale occupato dalla specie (Fonte: Corso, 2018)

Alcune delle principali cause del declino di questo falco sono state imputate al bracconaggio, all'abbattimento diretto e anche alla loro assunzione di prede contaminate da prodotti tossici. È ancora oggetto di studio il rapporto tra questo rapace minacciato ed il *Falco Peregrinus* (Tunstall, 1771), in quanto è emersa una forte competizione tra le due specie, a favore del falco pellegrino, in un habitat dove la disponibilità di prede non è abbondante e di conseguenza insufficiente per la sopravvivenza di entrambi i predatori (Salvo, 2020). Tale competizione inter-specifica tra *Falco biarmicus feldeggii*

(Schlegel, 1843) e *Falco peregrinus* (Tunstall, 1771) dovrebbe essere maggiormente approfondita in quanto è emerso che le due specie prediligono siti di nidificazione analoghi oltre ad avere una dieta simile.

Attualmente l'85% della popolazione nidificante europea di *Falco biarmicus feldeggii* (Schlegel, 1843) si trova in Italia. Un esempio di progetto, che coinvolge il mondo della falconeria e vede l'Italia in prima linea, con l'obiettivo di contribuire alla conservazione di *Falco biarmicus feldeggii* (Schlegel, 1843) è il *LIFE Lanner Project*. Quest'ultimo fa parte dei progetti del programma LIFE, nato nel 1992 con lo scopo di finanziare azioni per la tutela dell'ambiente e del clima (Mcclure et al., 2019).

Il progetto *LIFE Lanner*, iniziato nell'anno 2020 è tutt'ora in corso, e mette in atto tecniche di conservazione in linea con il Piano di Azione Nazionale per la tutela del falco lanario. Attraverso diversi mezzi, il progetto mira ad incrementare, prevenendone la scomparsa, la piccola popolazione di falchi lanari presente nel Lazio, creando al contempo le condizioni per la dispersione degli individui nel suo naturale areale di distribuzione.

In particolare, è previsto l'utilizzo delle tecniche di *hacking* per reintrodurre in natura il numero più alto possibile di falchi lanari nati in cattività (Figura 15). I soggetti reintrodotti in natura sono continuamente monitorati con sistemi GPS. Tra i luoghi designati per la reintroduzione dei giovani falchi lanari ci sono postazioni soggette a continua attività umana e questo al fine di diminuire la particolare sensibilità di questa specie di rapace nei confronti del disturbo antropico indiretto. Inoltre, è tra gli obiettivi del progetto incrementare i siti di nidificazione disponibili per il falco lanario in areali con bassa presenza di falchi pellegrini, in modo da arginare la competizione inter-specifica. Un altro obiettivo importante del progetto è quello relativo alla mappatura genetica degli individui presenti in Italia e nell'isola di Malta presso allevatori, zoo, musei e centri di recupero. Malta risulta essere un punto strategico dove la mappatura genetica potrebbe essere molto rilevante per monitorare un possibile scambio genetico avvenuto tra *Falco biarmicus Feldeggii* (Schlegel, 1843) e *Falco biarmicus erlangeri* (Kleinschmidt, 1901), la sottospecie nordafricana. Inoltre, si hanno

testimonianze di coppie di *Falco biarmicus feldeggii* (Schlegel, 1843) che si sono riprodotte con successo sull'isola di Malta fino al XIX secolo (McClure et al., 2019).



**Figura 15.** Pullo di falco lanario (*Falco biarmicus feldeggii* Schlegel, 1843) nato nel 2021 in cattività e successivamente reinserito in natura grazie alle tecniche di *hacking* con il progetto *LIFE Lanner* (Fonte: [www.lifelanner.eu](http://www.lifelanner.eu))

Alcuni dei principali risultati attesi del progetto consistono nel rilascio di 30-50 falchi lanari nel corso di 5 stagioni riproduttive utilizzando sia soggetti acquistati da centri specializzati che nati presso il C.R.A.S. della Riserva Lago di Vico; nell'installazione di 50 sistemi GPS su altrettanti falchi rilasciati con la tecnica di *hacking*. Verranno costruite 4 *hack-boxes* per la reintroduzione di giovani soggetti nel Lazio e saranno monitorate sia le coppie già presenti in questa regione che quelle presenti nell'isola di Malta. Un risultato necessario a favorire il recupero dei lanari prevede l'assegnazione di territori idonei alle loro tecniche di caccia, e a tal fine è in programma il recupero di 144 ettari di prati naturali e seminaturali. Riguardo il pericolo proveniente dalle linee elettriche è stata prevista la messa in sicurezza di 200 pali, lungo 20 km di linee elettriche nel raggio di 2 km dalle *hack-boxes*. È prevista anche la creazione di un database genetico nazionale presso l'IZS-Lazio e Toscana, nonché lo

sviluppo di nuovi marker genetici da inserire nella International Gene Bank. Infine, il progetto prevede una serie di eventi divulgativi per rendere informata l'opinione pubblica delle problematiche inerenti questa sottospecie. Oltre alla divulgazione scientifica il progetto mira anche ad instaurare una rete tra i vari centri di recupero per lo studio sia di *Falco biarmicus feldeggii* (Schlegel, 1843) che di altri falchi, e a tal fine saranno coinvolti 15 centri localizzati nel Sud e Centro Italia e a Malta (McClure et al., 2019).

Questo progetto è un chiaro esempio di come la creazione di sinergie tra diversi enti e realtà, collaborazioni con associazioni scientifiche (come Ornithologica Italiana), enti amministrativi, Università e Parchi Nazionali possa contribuire attivamente e praticamente alla conservazione in natura di specie a rischio di estinzione. La gestione di *Falco biarmicus feldeggii* (Schlegel, 1843) in cattività, ed in particolare il suo allevamento, potrà fornire numerose informazioni che potranno tradursi in reali opportunità per arginare il declino in natura del falco lanario.

## 9. CONCLUSIONI

L'attività dell'uomo di supporto alle fasi di riproduzione dei rapaci in cattività costituisce la forma di tutela più rilevante per la conservazione in natura delle varie specie di tali volatili. In questo ambito le tecniche di inseminazione strumentale rappresentano una nuova frontiera, in parte già applicata con successo, ma con potenzialità ancora da approfondire. Tali tecniche permettono di superare molte difficoltà di allevamento, legate a legami di coppia instabili o ad incompatibilità dei soggetti durante la stagione riproduttiva che potrebbe essere ricondotta anche alle differenze di età tra i due soggetti o a periodi riproduttivi differenti, come nel caso di accoppiamenti inter-specifici. Inoltre, l'intervento dell'uomo nei programmi riproduttivi, oltre a garantire un maggior benessere dei rapaci, permette anche una selezione più accurata dei riproduttori ed il mantenimento della variabilità genetica, scongiurando possibili problematiche legate alla consanguineità. Nel campo della riproduzione artificiale la crioconservazione del seme potrebbe aprire maggiori possibilità di successo soprattutto per i progetti di recupero di specie a rischio estinzione. Molte cause dell'attuale declino di varie specie di rapaci sono riconducibili all'uomo, come le ferite da arma da fuoco, l'impatto con cavi elettrici o pale eoliche e, non ultima, la progressiva riduzione del loro habitat naturale. Rapaci feriti e riabilitati presso i centri di recupero potrebbero costituire una risorsa importante se ad essi fossero applicate tecniche di raccolta del materiale seminale, inseminazione strumentale e se venissero inseriti in progetti di reintroduzione in natura.

Nel complesso la diffusione di progetti integrati per il recupero dei rapaci potrebbe risultare una combinazione vincente per salvaguardare le specie rapaci incentivando l'integrazione dei progetti di recupero con quelli di reintroduzione in natura, avvalendosi delle competenze dei falconieri e del supporto tecnico di allevatori professionisti. Resta però necessario supportare e promuovere anche attività specifiche di ricerca per approfondire le conoscenze sul materiale seminale dei rapaci e sulle sue possibilità di conservazione, per poter raggiungere risultati soddisfacenti sia per la tutela e conservazione dei rapaci sia per il mantenimento di tante pratiche tradizionali legate alla falconeria.

## BIBLIOGRAFIA

- Blanco J.M., Gee G., Wildt D.E., Donoghue A.M. (2000). Species variation in osmotic, cryoprotectant, and cooling rate tolerance in poultry, eagle, and peregrine falcon spermatozoa. *Biology of reproduction*. 63, 1164-1171.
- Blanco J.M., Wildt D.E., Höfle U., Voelker W., Donoghue A.M. (2009). Implementing artificial insemination as an effective tool for ex situ conservation of endangered avian species. *Theriogenology*. 71, 200-213.
- Burnham P., Cafferty J. (2007). Annual Report 2006, The Peregrine Fund, World Center for Birds of Prey. The Peregrine Fund, Boise, ID, Stati Uniti.
- Cardoso B., Sánchez-Ajofrín I., Castaño C., García-Álvarez O., Estes M.C., Maroto-Morales A., Iniesta-Cuerda M., Garde J.J., Santiago-Moreno J., Soler A.J. (2020). Optimization of Sperm Cryopreservation Protocol for Peregrine Falcon (*Falco peregrinus*). *Animals*. 10, 691.
- Carson R. (1962). Silent Spring. Houghton Mifflin Eds., Boston, MA, Stati Uniti.
- Corso A. (2018). Updated status of European Lanner Falcon, *Falco biarmicus feldeggii* (Schlegel, 1843) (Aves Falconiformes): a taxon on the verge of extinction, with brief comments on the North African Lanner, *F. biarmicus erlangeri* (Kleinschmidt, 1901). *Biodiversity Journal*. 9, 35-44.
- Crawford W.C. (1991). The Theory of Imprinting-Its Implications and Ramifications in Raptors and All Birds. AFA Watchbird. 18, 34-35.
- Dixon A., Ward J., Ichinkhorloo S., Erdenechimeg T., Galtbalt B., Davaasuren B., Bold B., Batbayar N. (2020). Seasonal variation in gonad physiology indicates juvenile breeding in the Saker Falcon (*Falco cherrug*). *Avian Biology Research*. 14, 39-47.
- Domm L. V. (1939). Modifications in sex and secondary sexual characters in birds. *IN: Sex and internal secretions*, E. Allen, 2nd Ed., Williams and Wilkins, Baltimore, MD U.S.A, pages 227-327.

- Fischer D., Schneider H., Failing K., Meinecke-Tillmann S., Wehrend A., Lierz M. (2020). Viability assessment of spermatozoa in large falcons (*Falco* spp.) using various staining protocols. *Reproduction in Domestic Animals*. 55, 1383-1392.
- Fox N. (2017). Understanding the bird of prey. Hancock House Publishers. Surrey, B.C., Canada.
- Gee G.F., Bertschinger H., Donoghue A.M., Blanco J., Soley J. (2004). Reproduction in nondomestic birds: physiology, semen collection, artificial insemination and cryopreservation. *Avian and Poultry Biology Reviews*. 15, 47-101.
- Gill F., Donsker D., Rasmussen P. (Eds). (2020). IOC World Bird List (v10.2). <https://www.worldbirdnames.org/new/>
- Hackett S.J., Kimball R.T., Reddy S., Bowie R.C., Braun E.L., Braun M.J., Chojnowski J.L., Cox W.A., Han K-L., Harshman J., Huddleston C.J., Marks B.D., Miglia K.J., Moore W.J., Sheldon F.H., Steadman D.W., Witt C.C, Yuri, T. (2008). A phylogenomic study of birds reveals their evolutionary history. *Science*. 320, 1763-1768.
- Lierz M., Hafez H.M. (2008). Occurrence of mycoplasmas in semen samples of birds of prey. *Avian Pathology*. 37, 495-497.
- Lorenz K. (1967). L'anello di Re Salomone. Traduzione di Schwarz L., Biblioteca Adelphi Eds., Milano, Italia.
- Macdonald H. (2019). Il falco. Ed. Nottetempo, Milano., Italia.
- Mcclure C.J.W., Schulwitz L.S., Anderson D.L., Robinson B.W., Mojica E.K., Therrien J-F., Oleyar M.D., Johnson J. (2019). Commentary: defining raptors and birds of prey. *Journal of Raptor Research*. 53, 419-430.
- Oliveira A., Martínez, F., Gil L., Luño V. (2021). Morphological Characteristics of the Sperm of the Peregrine Falcon (*Falco peregrinus*) during the Reproductive Season. *Veterinary Sciences*. 8, 169.

- Piaček V., Zukal J., Seidlová V., Heger T., Němcová M., Příbyl M., Vitula F., Pikula J. (2020). Fresh semen characteristics in captive accipitrid and falconid birds of prey. *Acta Veterinaria Brno*. 89, 291-300.
- Pollock C.G., Orosz S.E. (2002). Avian reproductive anatomy, physiology and endocrinology. *Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice*. 5, 441-474.
- Salvo G. (2020). Il declino di uno dei rapaci europei più minacciati: 41 anni di osservazioni in territori di Lanario *Falco biarmicus* in Sicilia. *Rivista Italiana di Ornitologia - Research in Ornithology*, 89, 33-38.
- Sielicki J. (2016). Falconry as a biodiversity conservation tool. Atti della Conferenza “Falconry - its influence on biodiversity and cultural heritage in Poland and across Europe”, 16-17 October 2015, Suprasl, Polonia.
- Villaverde-Morcillo S., Soler A. J., Estes M.C., Castano C., Minano-Berna A., Gonzalez F., Santiago-Moreno J. (2017). Immature and mature sperm morphometry in fresh and frozen-thawed falcon ejaculates. *Theriogenology*. 98, 94-100.

## **SITOGRAFIA**

1. <https://blog-puydufouentoledo.puydufou.com>
2. [www.avianbreeding.co.uk](http://www.avianbreeding.co.uk)
3. [www.centrodehalconesmadrid.blogspot.com](http://www.centrodehalconesmadrid.blogspot.com)
4. [www.ich.unesco.org](http://www.ich.unesco.org)
5. [www.lifeegyptianvulture.it](http://www.lifeegyptianvulture.it)
6. [www.lifelanner.eu](http://www.lifelanner.eu)
7. [www.mite.gov.it/pagina/cites-convenzione-di-washington-sul-commercio-internazionale delle -specie-di-fauna-e-flora](http://www.mite.gov.it/pagina/cites-convenzione-di-washington-sul-commercio-internazionale-delle-specie-di-fauna-e-flora)
8. [www.mlive.com](http://www.mlive.com)
9. [www.nad.ae](http://www.nad.ae)
10. [www.peregrinefund.org](http://www.peregrinefund.org)
11. [www.poultryhub.org](http://www.poultryhub.org)
12. [www.theawl.com](http://www.theawl.com)
13. [www.wellentheorie.wordpress.com](http://www.wellentheorie.wordpress.com)