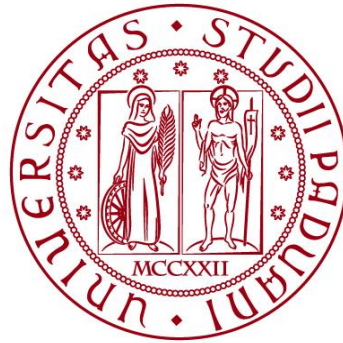


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA

Corso di Laurea in Biologia



ELABORATO DI LAUREA

**IMPRINTING FILIALE NEGLI UCCELLI:
PREFERENZE SENSORIALI E CAPACITÀ
COGNITIVE ASTRATTE NEI PULCINI**

Tutor: Prof. Andrea Augusto Pilastro
Dipartimento di Biologia

Laureando: Marco Masoch

ANNO ACCADEMICO 2023/2024

INDICE:

Abstract

1. Introduzione

1.1 Cenni Storici

2. L'Imprinting

3. L'Imprinting Filiale

3.1 Il Periodo Sensibile

3.2 Le Predisposizioni

3.3 Meccanismi Neurali

3.3.1 L'Impatto del Sonno sulla Consolidazione della Memoria

4. La Sensibilità Acustica

4.1 Il Lavoro di Monteiro *et al.*

4.1.1 Imprinting e Test di Preferenza

4.1.2 Risultati

5. La Sensibilità Visiva e il Concetto Relazionale

5.1 Lo studio di Martinho e Kacelnik

5.1.1 Imprinting e Test di Preferenza

5.1.2 Risultati

6. Il Pensiero Concettuale Astratto

7. Bibliografia

Abstract

L'imprinting filiale è un fenomeno che caratterizza il periodo perinatale della vita di molti animali e in modo particolare quella degli uccelli. Questo processo risulta fondamentale per la sopravvivenza degli uccelli precoci e pone le basi di quello che sarà il comportamento di questi individui nella vita adulta.

L'obiettivo principale che si pone questa tesi è quello di indagare le preferenze sviluppate dai pulcini sottoposti a diversi stimoli acustici e visivi durante il periodo critico dell'imprinting filiale. A questo scopo è stato analizzato un primo studio che pone l'attenzione sulla preferenza degli anatrocchi a richiami naturali rispetto al rumore bianco.

Il secondo studio verte invece sulla capacità dei pulcini di applicare concetti relazionali astratti, appresi attraverso l'imprinting, come l'idea di "uguale" e "diverso".

Questo elaborato cerca infine di rispondere ad una domanda di carattere, oltre che scientifico, anche etico e filosofico sulla capacità da parte degli animali fino ad ora ritenuti meno intelligenti, di essere in grado di elaborare pensieri concettuali astratti, da tempo creduta come una peculiarità puramente umana.

1- INTRODUZIONE

In molte specie animali, i giovani nascono completamente dipendenti dai genitori non essendo in grado di compiere molte azioni come quella di camminare o procacciarsi il cibo. Questi animali, come ad esempio i gatti, i cani e i primati, sono chiamati altriciali (Mackintosh, 2024). In altre specie, come nelle galline e anatre, invece, gli infanti che schiudono dall'uovo si trovano in uno stadio di sviluppo più avanzato essendo in grado di nutrirsi e muoversi autonomamente. Questi animali sono definiti precoci. I giovani precoci dipendono comunque dai genitori per quanto riguarda la guida e protezione, e devono quindi rimanere sempre nelle loro vicinanze. È per questa ragione che l'imprinting filiale, assicurando un legame tra infanti precoci e la loro madre in modo che non si allontanino troppo da lei, risulta essere un processo fondamentale per la sopravvivenza della specie (Mackintosh, 2024).

1.1- Cenni Storici

L'etologia, ovvero lo studio sistematico della funzione ed evoluzione del comportamento, si è potuta sviluppare grazie al lavoro di alcuni etologi tra i quali Konrad Lorenz (1903-1989) e Nikolaas Tinbergen (1907-1988) sono sicuramente i più importanti (Figura 1.1). Agli inizi del 1900, infatti, gli studi sul comportamento animale non erano considerati come una disciplina a se stante ma erano invece considerati parte descrittiva di altre discipline come l'ornitologia o l'entomologia. Questo pensiero è poi stato superato grazie agli studi di Lorenz e Tinbergen che, insieme a Karl von Frisch, hanno condiviso il Premio Nobel nel 1973 (<https://www.encyclopedia.com/science/encyclopedias-almanacs-transcripts-and-maps/imprinting-and-establishment-ethology>).

I lavori di Tinbergen prendono in considerazione innumerevoli animali a partire dagli uccelli fino allo studio del comportamento negli insetti.

Uno dei suoi studi più interessanti, infatti, riguarda l'orientamento e la predazione delle vespe scavatrici dimostrando come differenti risposte

comportamentali richiedono la presenza di stimoli distinti tra loro (Mackintosh, 2024).

D'altro canto, Lorenz è considerato il primo a condurre esperimenti sul fenomeno dell'imprinting negli uccelli e a studiare le implicazioni di questo processo (Mackintosh, 2024). Egli scoprì infatti che i pulcini degli anatidi, così come in pulcini di altre famiglie (ma non tutte), imparano a seguire il primo oggetto in movimento che vedono durante i giorni che seguono la schiusa dall'uovo. Scoprì anche che questo tipo di imprinting aveva delle implicazioni non solo per quanto riguarda la vita e sopravvivenza del piccolo, ma anche sulla preferenza sessuale che caratterizza la fase adulta (Mackintosh, 2024). Questo processo risulta infatti fondamentale nella scelta di un partner appartenente alla stessa specie, dato che porta alla preferenza per individui simili a quello, generalmente un genitore, su cui è avvenuto l'imprinting nelle prime fasi della vita (McCabe, 2019).



Figura 1.1: Nikolaas Tinbergen (destra), Konrad Lorenz (sinistra).

Publicata: 22 Gennaio 2023. Wikimedia Commons. Recuperata il 25 Luglio 2024 da https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Lorenz_and_Tinbergen2.jpg&oldid=726845581.

2- L'IMPRINTING

Il concetto di imprinting comportamentale è stato per primo descritto in pulcini allevati in cattività da Sir Thomas More nel suo romanzo intitolato "Utopia" scritto nel 1516, ma apparve per la prima volta nella letteratura scientifica solo a partire dal 1873 grazie al lavoro di uno dei fondatori dell'etologia: Douglas Spalding (Chamberlain et al., 2024).

Come accennato in precedenza, fu Konrad Lorenz il primo a studiare approfonditamente questo peculiare tipo di comportamento e a renderlo noto in tutto il mondo come una forma di apprendimento irreversibile e non rinforzato (Chamberlain et al., 2024).

Attualmente, l'imprinting comportamentale è definito come un processo di apprendimento che permette lo sviluppo di preferenze e/o risposte comportamentali di un individuo in seguito all'esposizione, non ricompensata, ad uno stimolo specifico (Chamberlain et al., 2024).

È fondamentale evidenziare che questo processo di apprendimento si basa sia sull'esposizione a stimoli durante specifici momenti della vita, denominati periodi critici/sensibili, sia su predisposizioni innate verso determinati stimoli. È stato dimostrato, per esempio, che i pulcini possiedono una preferenza innata verso schemi biologicamente plausibili rispetto a movimenti casuali (Chamberlain et al., 2024; McCabe, 2019).

L'imprinting comportamentale identifica però un ampio spettro di apprendimento: esiste infatti l'imprinting filiale così come quello sessuale, territoriale ma anche l'imprinting per la scelta di una preda. Questi sono fondamentalmente molto simili per quanto riguarda la presenza di periodi critici e predisposizioni innate, ma presentano delle differenze relativamente alla specificità delle preferenze che vengono acquisite in seguito al processo di apprendimento (Chamberlain et al., 2024). L'imprinting filiale, infatti, richiede un elevato livello di specificità per poter riconoscere i propri genitori in mezzo ad un gruppo di individui apparentemente molto simili. Per quanto riguarda l'imprinting sessuale o dietetico, invece, non è necessaria

una preferenza molto specifica e quindi si assiste ad una generalizzazione delle preferenze che non comprende un solo individuo in particolare ma, invece, una specie o una classe di individui (Chamberlain et al., 2024).

In questo elaborato si pone l'attenzione sulla tipologia di imprinting più studiata e analizzata: l'imprinting filiale immediato, caratteristico degli uccelli precoci.

3- L'IMPRINTING FILIALE

L'imprinting filiale immediato è un fenomeno, evidente negli uccelli precoci ma molto raramente in quelli altriciali, attraverso il quale si crea un legame sociale tra un giovane animale e un oggetto che solitamente (ma non necessariamente) risulta essere il genitore (McCabe, 2019). Nei pulcini delle specie altriciali, che solitamente nascono ciechi, l'input sensoriale immediato può essere solo acustico o tattile e quindi l'imprinting avviene solitamente ad un'età più avanzata (Junco, 1988).

Il pulcino precoce è, infatti, in grado di apprendere le caratteristiche dello stimolo o dell'oggetto semplicemente venendo esposto ad esso durante quello che viene chiamato periodo sensibile perinatale. In risposta a questo stimolo, l'individuo impara a riconoscere e a limitare le proprie preferenze sociali verso l'oggetto con cui è avvenuto l'imprinting; come già anticipato, questo comportamento risulta essenziale per le prime fasi della vita dei giovani precoci che altrimenti non sarebbero in grado di sopravvivere indipendentemente in natura (McCabe, 2019). È inoltre importante sottolineare come l'imprinting filiale possa avvenire attraverso numerose modalità sensoriali: la modalità predominante è sicuramente quella visiva, ma negli uccelli possono essere molto significative anche le componenti uditive e, in misura minore, quelle olfattive, generalmente meno sviluppate rispetto ad altri animali (McCabe, 2019).

3.1- Il Periodo Sensibile

L'imprinting è un processo di apprendimento che avviene solamente in determinati periodi della vita di un individuo chiamati periodi sensibili, durante i quali l'organismo è particolarmente predisposto a formare dei legami stabili e duraturi con particolari stimoli esterni (McCabe, 2013, 2019). Tipicamente, la sensibilità dell'imprinting filiale ha inizio durante il periodo perinatale, ovvero l'intervallo di tempo attorno alla nascita di un individuo, e dura circa 3-7 giorni, sebbene la durata possa variare notevolmente da una specie ad un'altra (Chamberlain et al., 2024; McCabe, 2013).

I fattori che influenzano l'inizio del periodo sensibile possono essere molteplici, ma è stato provato che è possibile prolungare il periodo di sensibilità tenendo i pulcini in un ambiente buio senza la presenza di alcuno stimolo. Questo, però, non è sempre vero in quanto è possibile che l'imprinting avvenga con l'oscurità stessa, portando i piccoli ad evitare qualsiasi stimolo visivo. Il periodo sensibile può anche essere esteso farmacologicamente. Somministrando apposite sostanze 10 ore dopo schiusa dall'uovo, è possibile infatti prolungare questo periodo fino a 8 giorni (McCabe, 2013).

La fine del periodo sensibile si può rivelare attraverso test comportamentali: i pulcini che hanno già subito imprinting su un oggetto, ed evitano quindi un secondo oggetto, indicano la fine del periodo critico. Questo, però, indica solo la fine del periodo in cui l'individuo è predisposto per la formazione di legami con uno stimolo, ma non significa che questo legame non possa essere modificato o sostituito (McCabe, 2013). A sostegno di questa affermazione, è stato dimostrato che la plasticità neuronale necessaria affinché questo legame venga sostituito può durare più a lungo rispetto al periodo sensibile, indicando come lo sviluppo di un ulteriore evento di imprinting per un secondo stimolo sia a tutti gli effetti possibile (McCabe, 2013).

3.2- Le Predisposizioni

Come accennato in precedenza, un altro fattore determinante nell'imprinting filiale è rappresentato dalle predisposizioni innate. Queste predisposizioni possono influenzare l'inclinazione dei pulcini verso specifici stimoli, determinando se e quanto un determinato stimolo sarà preferito rispetto ad altri (McCabe, 2019). Diversi esperimenti hanno infatti portato alla conclusione che esiste una predisposizione innata nei pulcini che li porta ad avere delle preferenze e quindi ad avvicinarsi ad uno stimolo di tipo naturalistico rispetto ad un oggetto puramente artificiale (come una scatola o un cilindro colorato) (Martinho & Kacelnik, 2016; McCabe, 2019).

Per identificare al meglio quali possano essere i fattori principali che permettono questa predisposizione per gli schemi biologicamente plausibili, è stato condotto un esperimento utilizzando varie parti del corpo di *Gallus gallus*. Questo esperimento ha permesso di capire che la causa della predisposizione erano le caratteristiche della testa e/o del collo dell'adulto, in particolare la configurazione naturale degli occhi e della bocca (McCabe, 2019).

Nel 1991 Johnson e Bolhuis classificarono le predisposizioni innate in generali e specifiche. Le predisposizioni generali vengono innescate da proprietà semplici di uno stimolo come la forma o il colore; quelle specifiche vengono invece innescate da combinazioni più complesse come le configurazioni del volto o uno specifico movimento biologico come l'autopropulsione spontanea. È inoltre notevole osservare che le predisposizioni per riconoscere i volti e il movimento biologico nei pulcini domestici mostrano somiglianze significative con quelle dei neonati umani (McCabe, 2013).

Lo studio delle predisposizioni innate è stato molto importante per capire la ragione per la quale alcuni pulcini siano in grado di imprimere un legame con un adulto che non appartenga necessariamente alla stessa specie. La predisposizione è infatti in grado di distorcere il comportamento dei pulcini permettendo loro di avvicinarsi ad un adulto che possa rivelarsi protettivo

nei loro confronti, anche se non si tratta necessariamente di un genitore (McCabe, 2019).



Figura 3.1: Una Madre e un Piccolo d'Anatra. Wilson Rodriguez, Pexels, 5 Dicembre 2021.
<https://www.pexels.com/photo/a-mother-and-baby-duck-on-water-10449844/>

3.3- Meccanismi Neurali

Nel corso degli anni si è cercato di determinare se si potessero rilevare, in risposta all'apprendimento avvenuto grazie al processo di imprinting, dei cambiamenti neuronali significativi all'interno del sistema nervoso centrale dei pulcini. A tal fine, gli studi di Horn *et al.*, svolti nel 1973 e nel 1979, sono stati fondamentali per identificare il mesopallio intermedio e mediale (IMM), un'area specifica del prosencefalo, come sito di memorizzazione delle caratteristiche di uno stimolo visivo (Figura 3.2) (McCabe, 2019; Nakamori et al., 2013). A supporto di questa tesi sono stati successivamente condotti numerosi esperimenti di lesioni sull'area dell'IMM. Questo tipo di esperimento consiste nel danneggiare o rimuovere una parte specifica del cervello per osservare gli effetti di tali lesioni sul comportamento e sulle funzioni cognitive dell'animale. Hanno così fornito prove cruciali riguardo alla funzione centrale dell'IMM nell'acquisizione e mantenimento delle preferenze che sono state apprese tramite l'imprinting (McCabe, 2019; Nakamori et al., 2013).

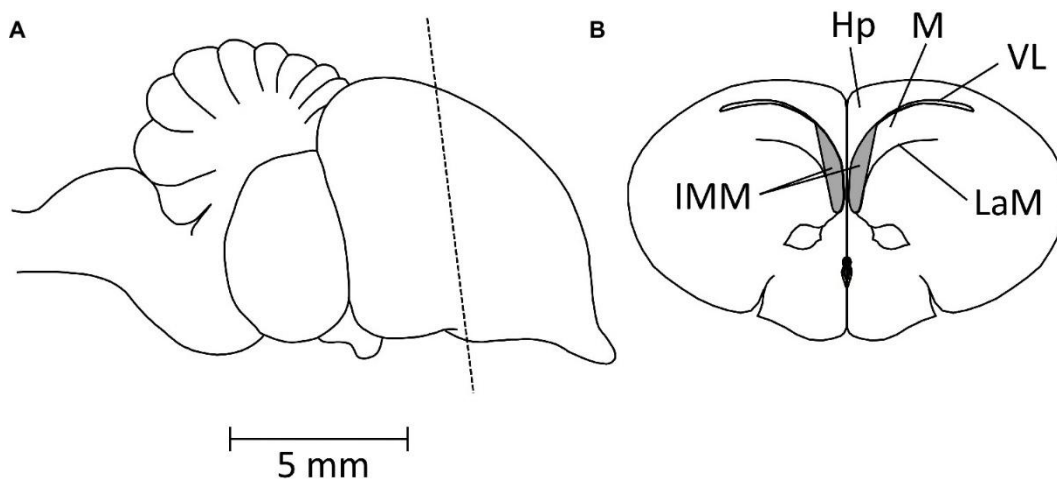


Figura 3.2: Diagrammi che mostrano la posizione dell'IMM. (A) Vista laterale del cervello del pulcino, con il polo anteriore a destra. La linea tratteggiata indica il piano della sezione coronale mostrata in (B). IMM: mesopallio intermedio e mediale. (McCabe, 2019)

3.3.1- L'Impatto del Sonno sulla Consolidazione della Memoria

In un ulteriore studio del 2001, Horn *et al.* arrivarono alla conclusione che le risposte neuronali nell'IMM successive all'imprinting possono essere stabilizzate dal sonno (McCabe, 2019).

Se ai pulcini, dopo 2 ore di addestramento, viene permesso di riposare al buio indisturbati per 6 ore, la preferenza allo stimolo per cui erano stati addestrati aumenta drasticamente per le successive 24 ore. D'altra parte, se il sonno continuo viene impedito da regolari disturbi, le risposte neuronali risultano più instabili, dimostrando non solo un'inferiore capacità di imprinting per 24 ore, ma i pulcini apparivano anche amnesici allo stimolo per cui erano addestrati (McCabe, 2019).

In sintesi, i risultati suggeriscono che una quantità adeguata di sonno indisturbato dopo l'imprinting sia fondamentale sia per la stabilizzazione della risposta neuronale allo stimolo, sia anche per la consolidazione della memoria dello stesso. Questi risultati sono quindi importanti perché offrono l'opportunità di esplorare, in futuro, i meccanismi neurali attraverso cui il sonno favorisce la consolidazione della memoria (McCabe, 2019).

4- LA SENSIBILITÀ ACUSTICA

Come già anticipato, l'imprinting filiale può avvenire secondo diverse modalità sensoriali; una di queste è la stimolazione acustica. Per molte specie, gli stimoli acustici sono essenziali per l'identificazione non solo delle figure genitoriali, ma anche degli individui appartenenti alla stessa specie. Questo riconoscimento intra-specifico è inoltre cruciale per la selezione del partner durante il corteggiamento nella vita adulta, evidenziando nuovamente l'influenza dell'imprinting filiale non solo nelle prime fasi, ma anche in quelle più avanzate della vita degli individui (Monteiro et al., 2021).

4.1- Il Lavoro di Monteiro *et al.*

Nel 2021, Tiago Monteiro *et al.* hanno approfondito lo studio della sensibilità acustica negli anatroccoli attraverso un esperimento che ha permesso di analizzare le loro preferenze in risposta a stimoli acustici variabili, sia per tipologia che per la durata dell'intervallo tra i suoni (preferenza temporale) (Monteiro et al., 2021).

4.1.1- Imprinting e Test di Preferenza

Per il loro lavoro hanno utilizzato 284 anatroccoli della specie *Anas platyrhynchos domesticus*. Questi pulcini sono stati divisi in 4 gruppi di imprinting i quali differiscono per lo stimolo che viene loro fatto imprimere (Figura 4.1a). Gli stimoli sono composti o da due frammenti di vocalizzazioni di un'anatra femmina o da due impulsi di rumore bianco (della durata di 0,4 s ciascuno). I due suoni sono separati da intervalli silenziosi che possono essere brevi (0,2 s) o lunghi (1,2 s) (Figura 4.1b); per una durata complessiva dello stimolo di 1 s (con intervallo breve) o 2 s (con intervallo lungo) (Monteiro et al., 2021).

- Gruppo 1: Vocalizzazioni di un adulto separate da un intervallo breve
- Gruppo 2: Vocalizzazioni di un adulto separate da un intervallo lungo
- Gruppo 3: Rumori bianchi separati da un intervallo breve
- Gruppo 4: Rumori bianchi separati da un intervallo lungo

Successivamente all'imprinting, gli anatroccoli sono stati divisi in ulteriori 4 sottogruppi (per un totale di 16 sottogruppi) per effettuare i test di preferenza. In questi test, i piccoli sono stati posti in una piscina d'acqua insieme a due stimoli di prova, collocati in due posizioni fisse diametralmente opposte: il *target* e il *competitor* (Figura 4.1c). Il *target* condivide sempre la durata dell'intervallo con l'*imprinting* ma può emettere lo stesso (S.1 a 3) o un suono diverso (S.4); il *competitor* invece può variare: solo per il tipo di suono (S.2), solo per l'intervallo (S.3) o per entrambi (S.1 e 4) (Monteiro et al., 2021). I sottogruppi vengono a formarsi con la combinazione dei diversi fattori rispetto all'*imprinting* (Figura 4.1d):

- Sottogruppo 1: *target* uguale, *competitor* diverso sia nel suono che nell'intervallo
- Sottogruppo 2: *target* uguale, *competitor* uguale nell'intervallo ma diverso nel suono
- Sottogruppo 3: *target* uguale, *competitor* uguale nel suono ma diverso nell'intervallo
- Sottogruppo 4: *target* diverso nel suono, *competitor* diverso sia nel suono che nell'intervallo

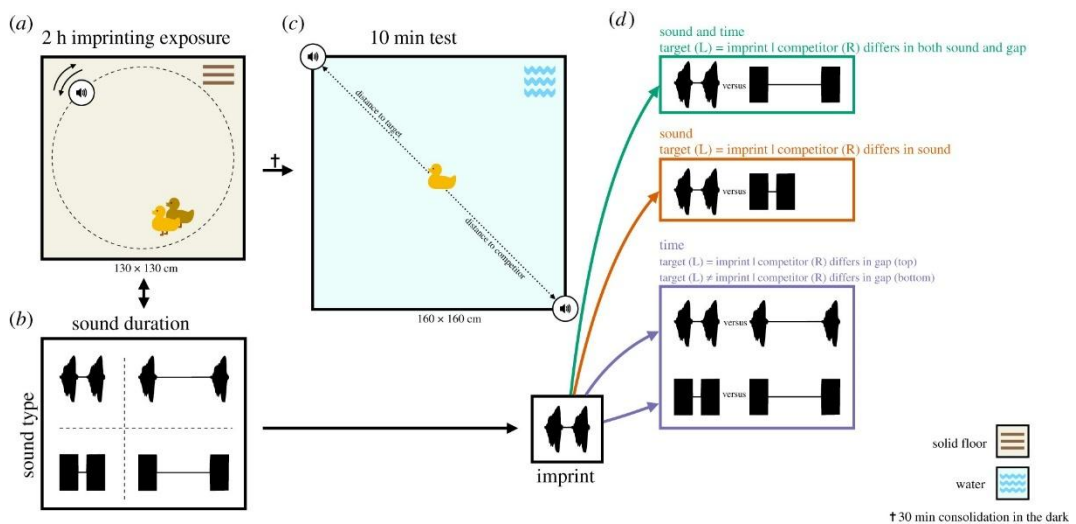


Figura 4.1: Ambiente Sperimentale. (Monteiro et al., 2021).

4.1.2- Risultati:

Da questi molteplici test emerge che: (i) per la tipologia di stimolo, in media gli anatroccoli mostrano una preferenza per i suoni simili alle vocalizzazioni delle anatre rispetto al rumore bianco, indipendentemente dallo stimolo con cui hanno impresso un legame inizialmente. (ii) Per la relazione temporale dei suoni, nei casi in cui la tipologia di suono non fungeva da discriminante, i pulcini hanno mostrato solamente una debole preferenza per il *target* (durata dell'intervallo sempre uguale all'*imprinting*) rispetto al *competitor*. Potrebbe quindi esserci una certa sensibilità alla relazione temporale ma questa non raggiunge ancora l'affidabilità statistica e necessita dunque di ulteriori test (Monteiro et al., 2021).

In conclusione, possiamo affermare che gli anatroccoli stabiliscono più facilmente un imprinting con i suoni simili alle vocalizzazioni delle anatre rispetto al rumore bianco; l'ipotesi che imprimano un legame anche sulla relazione temporale tra i suoni, però, non può essere ancora considerata provata e necessita di ulteriori studi (Monteiro et al., 2021).

5- LA SENSIBILITÀ VISIVA E IL CONCETTO RELAZIONALE

Abbiamo finora visto come i pulcini e gli anatroccoli siano in grado di elaborare le informazioni attraverso i segnali sensoriali e ad apprendere le caratteristiche degli stimoli sia visivi che uditivi. Recentemente, però, ci si è iniziati a domandare se l'imprinting sia effettivamente solo questo o se sia molto più complesso di quanto inizialmente si pensava (Martinho & Kacelnik, 2016).

5.1- Lo studio di Martinho e Kacelnik

Per rispondere a questa domanda, nel 2016 Martinho e Kacelnik hanno condotto uno studio che descrive l'apprendimento dei concetti razionali negli anatroccoli senza ricorrere ad addestramento rinforzato.

I concetti relazionali, come 'uguale' o 'diverso', erano infatti già stati dimostrati in alcune specie di primati, piccioni, pappagalli e corvidi; ma ha sempre richiesto l'utilizzo di un rinforzo positivo o negativo (stimolo o evento che aumenta la probabilità che un comportamento venga ripetuto) (Martinho & Kacelnik, 2016). Questo procedimento risulta però in netto contrasto con l'imprinting filiale aviario il quale, come analizzato in precedenza, è una forma specializzata di apprendimento non ricompensato mediante il quale i piccoli precoci acquisiscono la capacità di identificare e seguire un oggetto genitoriale (Martinho & Kacelnik, 2016).

Per studiare i concetti relazionali è possibile usare 2 principali protocolli:

1. Protocollo IMTS (Identity Matching to Sample) secondo cui un animale vede uno stimolo campione e successivamente sceglie tra 2 stimoli test, uno dei quali è identico al campione.
Questo protocollo, però, non richiede l'interpretazione e riapplicazione di una relazione astratta tra gli elementi.
2. Protocollo RMTS (Relational Matching To Sample) che prevede di presentare più di uno stimolo campione per poi selezionare, tra i vari

stimoli del test, l'insieme che condivide la stessa relazione interna tra i 2 oggetti.

Nel protocollo RMTS, rispetto all'IMTS, quello che deve essere mantenuto è quindi la relazione tra gli stimoli rispetto alla loro rappresentazione (Martinho & Kacelnik, 2016).

5.1.1- Imprinting e Test di Preferenza

Per questo esperimento, Martinho e Kacelnik hanno modificato il protocollo RMTS per combinarlo con l'imprinting.

Dopo aver fatto schiudere gli anatroccoli della specie *Anas platyrhynchos domesticus* al buio, sono passati alla fase di imprinting dell'esperimento.

In questa fase, i piccoli sono stati esposti ad uno stimolo campione in movimento per 25 minuti; il campione è costituito da una coppia di oggetti che possono essere uguali o diversi tra loro sia nella forma che nel colore (Martinho & Kacelnik, 2016).

Una volta avvenuta la fase di imprinting segue l'effettivo test di preferenza. In questo test gli anatroccoli sono posti in un'area insieme a due coppie di stimoli per 10 minuti che consistono in oggetti completamente nuovi per i piccoli. Il test è suddiviso in 2 esperimenti: nel primo vengono testate le risposte tra oggetti con lo stesso colore dell'imprinting ma la relazione di forma tra i due oggetti può essere la stessa o meno rispetto all'imprinting (Figura 5.1 E1). Nel secondo esperimento, invece, la forma degli stimoli del test è uguale a quella dell'imprinting ma la relazione della colorazione tra la coppia di oggetti può essere la stessa rispetto all'imprinting o meno (Figura 5.2 E2). Dunque, ad esempio, nell'esperimento 1 ad un anatroccolo viene fatto stabilire un imprinting con una coppia di oggetti di ugual colore ma forma diversa (1 cono ed 1 cilindro). Nella fase di test il soggetto viene posto in compagnia di due coppie di stimoli con nuove forme (sfere, piramidi, cubi...), una coppia è formata da oggetti uguali (2 piramidi) mentre l'altra coppia è formata da oggetti di forma diversa (1 cubo e 1 parallelepipedo) (Martinho & Kacelnik, 2016).

Una volta avvenuti i test di preferenza, si raccolgono e analizzano i dati.

Experiment 1 - Shapes				Experiment 2 - Colors			
		Imprinting	Testing			Imprinting	Testing
Subgroup 1	Same			Subgroup 1	Same		
	Different	 TOT. 47			Diff.		
Subgroup 2	Same			Subgroup 2	Same		
				Diff.			 Vs.
	Different			Subgroup 3	Same		
				Diff.			 Vs.
				Subgroup 4	Same		
Diff.			 Vs.				
Subgroup 5	Same			Subgroup 5	Same		
Diff.			 Vs.				

Figura 5.1: Coppie di Stimoli Sperimentali. (Modificata da Martinho & Kacelnik, 2016).

5.1.2- Risultati

Per misurare al meglio la preferenza, il numero di approcci di ciascun anatroccolo per la coppia di stimoli del test è stato valutato la prima volta dagli studiosi e una seconda volta da un valutatore indipendente che non era a conoscenza né delle condizioni di imprinting né delle ipotesi dello studio. Inoltre, gli anatroccoli che si sono rivelati inattivi durante il test sono stati esclusi dall'analisi (Martinho & Kacelnik, 2016).

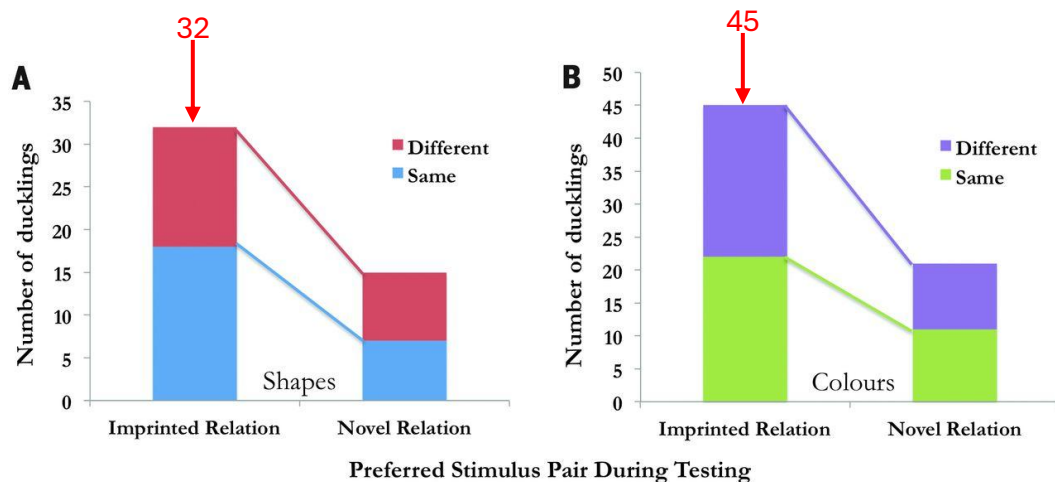


Figura 5.2: Preferenze degli Anatroccoli per l'Imprinting di un Concetto Relazionale. (Modificata da Martinho & Kacelnik, 2016).

Nell'esperimento 1, su un totale di 47 anatroccoli attivi, 32 hanno preferito la coppia con la stessa relazione dell'imprinting per la forma (Figura 5.2a). Nell'esperimento 2, su 66 anatroccoli attivi, 45 hanno sono quelli che presentano una preferenza per la coppia con la stessa relazione dell'imprinting per quanto riguarda il colore (Figura 5.2b).

Possiamo dunque affermare che su 113 anatroccoli, 77 (circa il 68%) segue preferenzialmente una nuova coppia di oggetti conforme alla relazione appresa dalla coppia di oggetti familiari (Martinho & Kacelnik, 2016). Questa affermazione può sembrare apparentemente irrilevante, ma risulta invece fondamentale per far luce sulla complessità dell'imprinting filiale e per porre le basi di futuri studi che possono portare ad ulteriori approfondimenti sull'argomento.

6- IL PENSIERO CONCETTUALE ASTRATTO

Negli ultimi capitoli abbiamo esaminato in dettaglio l'imprinting comportamentale, focalizzando l'attenzione sull'imprinting filiale e le meccaniche sensoriali principali attraverso cui avviene questo particolare tipo di imprinting negli anatroccoli. In particolare, analizzando la sensibilità acustica e visiva di questi organismi, emerge chiaramente che l'imprinting filiale risulta essere un fenomeno di apprendimento molto più ricco di quanto

fosse stato originariamente previsto (Martinho & Kacelnik, 2016; Monteiro et al., 2021).

La capacità di operare un ragionamento concettuale astratto è da sempre considerata una facoltà riservata agli organismi altamente intelligenti se non addirittura unica dell'uomo (Wasserman, 2016), ma a questo punto sorge spontanea una domanda: siamo davvero gli unici animali in grado di formulare un pensiero astratto?

I risultati derivati dallo studio di Martinho e Kacelnik potrebbero rappresentare una possibile risposta a questa domanda, sottoponendo ad un severo test comportamentale l'affermazione secondo cui gli animali sono incapaci di pensiero astratto (Wasserman, 2016). Le prestazioni degli anatroccoli analizzati, infatti, indicano che il cervello animale può essere preparato non solo per differenziare determinati input visivi, come ad esempio oggetti che possiedono un movimento biologicamente plausibile rispetto ad oggetti immobili, ma anche per cogliere proprietà relazionali astratte tra gli elementi dello stimolo sensoriale (Martinho & Kacelnik, 2016). Questo studio risulta dunque molto importante perché mette in evidenza tre importanti fatti: (i) anche gli animali non considerati particolarmente intelligenti sono capaci di elaborare un pensiero astratto; (ii) questo pensiero critico non solo è riscontrabile negli adulti ma anche negli anatroccoli; (iii) è possibile ottenere risposte di pensiero astratto anche senza ricorrere a metodi di apprendimento rinforzati (Wasserman, 2016).

Concludo il mio lavoro riportando le parole che Edward A. Wasserman ha scritto commentando il lavoro di Martinho e Kacelnik: "Discriminare l'uguale dal diverso è un'abilità cognitiva fondamentale che ora sembra essere alla portata di molte diverse specie di animali. [...] L'affermazione che il pensiero relazionale astratto sia una capacità unica degli esseri umani non può più essere sostenuta" (Wasserman, 2016).

7- Bibliografia

- Chamberlain, M. L., Kacelnik, A., Bush, A., & Hauber, M. E. (2024). A systematic review of methodologies for studying behavioral imprinting. *Ethology*, *130*, e13416. <https://doi.org/10.1111/eth.13416>
- Junco, F. (1988). Filial Imprinting in an Altricial Bird: The Blackbird (*Turdus Merula*). *Behaviour*, *106*(1-2), 25–42. <https://doi.org/10.1163/156853988X00070>
- Martinho, A., & Kacelnik, A. (2016). Ducklings imprint on the relational concept of «same or different». *Science*, *353*, 286–288. <https://doi.org/10.1126/science.aaf4247>
- McCabe, B. J. (2013). Imprinting. *WIREs Cogn. Sci.*, *4*, 375–390. <https://doi.org/10.1002/wcs.1231>
- McCabe, B. J. (2019). Visual Imprinting in Birds: Behavior, Models, and Neural Mechanisms. *Frontiers in Physiology*, *10*:658. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00658>
- Monteiro, T., Hart, T., & Kacelnik, A. (2021). Imprinting on time-structured acoustic stimuli in ducklings. *Biology Letters*, *17*: 20210381. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2021.0381>
- Nakamori, T., Maekawa, F., Sato, K., Tanaka, K., & Ohki-Hamazaki, H. (2013). Neural basis of imprinting behavior in chicks. *Development, Growth & Differentiation*, *55*, 198–206. <https://doi.org/10.1111/dgd.12028>
- Wasserman, E. A. (2016). Thinking abstractly like a duck(ling). *Science*, *353*, 222–223. <https://doi.org/10.1126/science.aag3088>