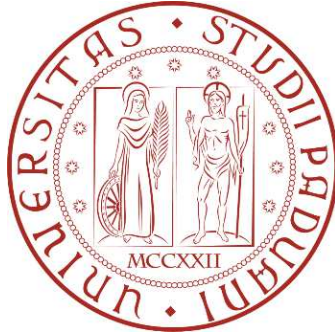


UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA



FACOLTA' PSICOLOGIA

*CORSO DI LAUREA IN SCIENZE PSICOLOGICHE DELLO SVILUPPO, DELLA PERSONALITA'
E DELLE RELAZIONI INTERPERSONALI*

TESI DI LAUREA TRIENNALE

Il mondo emotivo degli animali. Quali strumenti utilizzare per indagarlo scientificamente?

Relatore: Prof. Marco Dadda

Laureanda: Luna Sacchi

ANNO ACCADEMICO 2022-2023

INDICE

INTRODUZIONE	2
CAPITOLO 1	3
DEFINIZIONE E STORIA DELLE EMOZIONI	3
<u>INTRODUZIONE ALLE EMOZIONI: CONCETTO E RADICI ETIMOLOGICHE</u>	3
<u>TEORIE STORICHE SULLE EMOZIONI: ARISTOTELE E DESCARTES</u>	3
<u>LA NATURA MULTIDIMENSIONALE DELLE EMOZIONI: INTERCONNESSIONI FUNZIONALI, SOCIALI E CULTURALI</u>	4
<u>LE BASI NEURALI DELLE EMOZIONI: DAL SISTEMA LIMBICO ALLA RETE CEREBRALE</u>	5
<u>L'EVOLUZIONE DEL CONCETTO DI EMOZIONE: DARWIN E LA SUA TEORIA</u>	6
<u>LA TEORIA DELLE EMOZIONI JAMES-LANGE</u>	6
<u>LE CRITICHE ALLA TEORIA DI JAMES-LANGE E LA TEORIA DI CANNON-BARD: IL RUOLO DELL'IPOTALAMO NELL'ESPRESSIONE EMOTIVA</u>	6
<u>TEORIE SUCCESSIVE ALLE TEORIE DI JAMES-LANGE E CANNON-BARD:</u>	7
CAPITOLO 2	9
LE EMOZIONI NEGLI ANIMALI	9
<u>LA PERSONALITÀ E L'EMOTIVITÀ NEGLI ANIMALI: UN CAMPO DI RICERCA IN ESPANSIONE</u>	9
<u>LE TEORIZZAZIONI DI DARWIN SULL'ESPRESSIONE EMOTIVA: UN PIONIERE DELL'APPROCCIO EVOLUTIVO</u>	9
<u>IL CONTINUUM SHYNESS-BOLDNESS COME PARAMETRO COMUNE IN DIVERSE SPECIE MODELLO</u>	10
<u>IL COMPORTAMENTO ANXIETY-LIKE NELLO STUDIO DELL'ANSIA E DELLA PERSONALITÀ ANIMALE</u>	12
CAPITOLO 3	16
LE METODOLOGIE PER MISURARE LE EMOZIONI NEGLI ANIMALI	16
<u>RISPOSTA DI CONGELAMENTO E ATTIVAZIONE FISIOLÓGICA NELLE GALLINE DI PERNICE BIANCA</u>	16
<u>IMPLICAZIONE DELLO STRESS MATERNO SULLA QUALITÀ DI VITA DELLA PROLE: IL RUOLO DEL CORTISOLO COME INDICATORE DELLO STRESS</u>	18
CAPITOLO 4	21
STRUTTURE NEURALI COINVOLTE NELLE EMOZIONI	21
<u>RELAZIONE TRA ASIMMETRIE NELLA NEUROANATOMIA DEL SNC E LE RISPOSTE COMPORTAMENTALI IN ORGANISMI MODELLO</u>	21
<u>LA POSIZIONE DELL'ABENULA E DELL'ORGANO PARAPINEALE NELLA RELAZIONE TRA ASIMMETRIE NEUROANATOMICHE E COMPORTAMENTO</u>	22
<u>IL RUOLO DELLA CONNESSIONE DELL'HABENULA DORSALE CON IL NUCLEO INTERPEDUNCOLARE NELLE RISPOSTE DI PAURA</u>	23
CONCLUSIONI	26
BIBLIOGRAFIA	28

INTRODUZIONE

L'emotività negli animali è un campo di ricerca ampiamente studiato soprattutto nell'ultimo mezzo secolo. Sono numerosi, infatti, gli scienziati che hanno dedicato il loro tempo allo studio dell'esperienza emotiva, cercando di evitare l'attribuzione degli stati emotivi umani agli animali e andando invece a identificare i comportamenti, le risposte fisiologiche e i meccanismi neurali che possono indicare la presenza di emozioni nelle diverse specie. Tra i parametri più comunemente utilizzati per valutare e confrontare i livelli di risposta emotiva animale vi è il *continuum shyness-boldness* (David Sloan Wilson A. B., 1994); questo permette di valutarne il comportamento e di analizzarne le diverse tendenze in determinate situazioni. Attraverso test comportamentali appositamente progettati, come ad esempio la misurazione della latenza impiegata dai singoli soggetti ad emergere da un luogo di riparo e perlustrare l'ambiente circostante, è possibile valutare il grado di coraggio o timidezza di un individuo e confrontarlo con altri membri della stessa specie. Un ulteriore parametro comune ampiamente utilizzato è il comportamento *anxiety-like*, che include comportamenti che presentano segni di ansia ma che accentuano il fatto che non esiste dell'ansia una misura corrispondente a quella della specie umana (Jacqueline Crawley, 1980). Piuttosto ci si riferisce a meccanismi di difesa attiva e di fuga, comportamenti, questi, che possono essere associati a stati emotivi di ansia e paura. La specie Zebrafish è diventata un modello comune per studiare le basi neurali delle emozioni e i meccanismi comportamentali e neurali coinvolti. Attraverso gli studi e le ricerche recenti sulla lateralizzazione e sulla personalità, si è dimostrata l'esistenza di un meccanismo che associa differenze comportamentali con asimmetrie viscerali. Inoltre, la possibilità di identificare strutture cerebrali fin dai primi stadi di sviluppo e la trasparenza dei loro tessuti consentono di osservare e studiare, attraverso tecniche di imaging, l'attività neuronale in vivo. Questo permette di individuare i circuiti cerebrali coinvolti nella risposta emotiva e di meglio comprendere i meccanismi neurali sottostanti.

Nelle prossime pagine saranno esaminati diversi studi scientifici che riguardano le metodologie di studio del comportamento e della personalità animale utilizzando alcuni dei parametri più comuni come il *continuum shyness-boldness* e il comportamento *anxiety-like*. Verranno poi esplorati gli organismi modello utilizzati al fine di fornire informazioni rilevanti sulla variazione individuale nell'emotività animale e le strutture neurali coinvolte.

CAPITOLO 1

DEFINIZIONE E STORIA DELLE EMOZIONI

Introduzione alle emozioni: concetto e radici etimologiche

Le emozioni sono uno degli aspetti più importanti della nostra vita e della nostra esperienza umana. Sono fenomeni psicologici e fisiologici che si manifestano attraverso sentimenti, sensazioni fisiche, pensieri e comportamenti.

La parola "emozione" deriva dal latino "*emotio*" che significa "movimento". La parola latina è a sua volta composta dal prefisso "*e-*" che significa "fuori" o "fuori da" e dal verbo "movere" che significa "muovere". Pertanto, l'etimologia di "emozione" suggerisce un movimento, un concetto dinamico.

Le emozioni hanno sempre un oggetto a cui si riferiscono, riguardano un evento specifico, chiamato ***antecedente emotigeno***, che le suscita. Un evento ***emotigeno*** è un evento che provoca una forte risposta emotiva, come ad esempio la paura, la tristezza, la rabbia o la felicità intensa. Questi eventi possono essere causati da una vasta gamma di situazioni e stimoli. Essi possono avere un impatto significativo sulla vita di una persona e possono influenzare il suo benessere emotivo e psicologico. Le risposte emotive agli eventi emotigeni sono soggettive e possono variare da persona a persona e anche cambiare nel corso del tempo a seconda delle circostanze e delle esperienze personali. L'emozione è un segnale che indica che c'è stato un cambiamento nel proprio stato, interno o esterno, e che questo cambiamento è percepito in modo soggettivo.

Teorie storiche sulle emozioni: Aristotele e Descartes

Le emozioni sono state oggetto di studio in diverse discipline scientifiche, come la psicologia, la biologia, la filosofia e le neuroscienze. La definizione di emozione è cambiata nel corso della storia scientifica, in base alle diverse teorie e approcci di ricerca.

Tra i primi teorici delle emozioni si annovera Aristotele. Nel suo trattato sulla *Retorica*, il filosofo le definiva come stati dell'anima in risposta agli stimoli esterni e riteneva che fosse la virtù la chiave per regolarle e per esprimerle in modo appropriato (Retorica., 2014).

A differenza di Aristotele, Descartes non credeva che le emozioni potessero essere modulate attraverso l'uso della ragione o della virtù, sostenendo invece che fossero innate e presenti in ogni individuo sin dalla nascita. In sintesi, la teoria di Descartes pone l'enfasi sull'idea che le emozioni siano processi meccanici del corpo, distinti dalla ragione e spesso incontrollabili. (Descartes, 1649) Tuttavia, la sua teoria ha sollevato aspre critiche da filosofi e scienziati per la sua mancanza di considerazione dell'esperienza soggettiva delle emozioni da un lato e per la riduzione di queste a processi puramente fisici dall'altro. Negli ultimi decenni, infatti, molti studiosi hanno criticato questa visione dualistica, sottolineando come le emozioni siano in realtà processi cognitivi complessi che coinvolgono sia l'aspetto fisico che mentale dell'essere umano. Si è dimostrato, ad esempio, come le emozioni siano influenzate dalle nostre credenze, dai nostri valori e aspettative, e come possano essere regolate attraverso il pensiero razionale e la consapevolezza. La visione dualistica emozione-ragione è stata perciò ampiamente confutata. Si preferisce, infatti, parlare di **intelligenza emotiva**, ovverosia della "capacità di monitorare i propri sentimenti e quelli degli altri, di distinguere tra di essi e di utilizzare queste informazioni per guidare il pensiero e l'azione" (Salovey, 1990). Non si tratta quindi di semplici risposte emotive unidimensionali, ma piuttosto di fenomeni complessi che coinvolgono diverse componenti psicologiche, fisiologiche e comportamentali. In altre parole, non sono solo una sensazione corporea o una reazione psicologica, ma implicano anche valutazioni cognitive del contesto, una percezione soggettiva dell'emozione stessa, una risposta comportamentale e una risposta fisiologica. Ad esempio, la rabbia può essere accompagnata da una serie di componenti, come la percezione di un'ingiustizia, valutazione cognitiva della situazione, l'incremento della frequenza cardiaca e della pressione sanguigna e infine la tendenza ad agire in modo aggressivo.

La natura multidimensionale delle emozioni: Interconnessioni funzionali, sociali e culturali

Oltre al **concetto di multi-componenzialità** dei processi emotivi ci sono teorizzazioni e verifiche empiriche che evidenziano come le emozioni siano fenomeni soprattutto interpersonali, in relazione con il mondo, l'ambiente sociale e fisico (Scherer, 2005).

Per questa ragione l'espressione emotiva è interpretabile in termini sia funzionali che sociali. Dal punto di vista funzionale, può essere vista come una risposta adattiva a uno stimolo ambientale, come nel caso dell'espressione di paura che, attivando una risposta di fuga o di lotta, può aiutare un individuo a reagire in modo appropriato ad una minaccia. In termini sociali, può avere una funzione comunicativa, trasmettendo informazioni importanti sullo stato emotivo di un individuo ad altre persone. Ad esempio, l'espressione di tristezza può comunicare la necessità di conforto e supporto

sociale. Oltre a questo, l'espressione emotiva può essere influenzata anche da fattori culturali, come le norme sociali, che disciplinano le diverse reazioni accettabili alle determinate situazioni.

Le emozioni sono fenomeni complessi, indagati da discipline diverse, utilizzando proprie metodologie, dando origine a modelli parziali. L'integrazione tra le diverse teorie è possibile se si tiene conto che si studiano identiche variabili strutturali a livelli diversi, come nel campo biologico, psicologico, sociale ecc. Nonostante le emozioni quotidiane siano estremamente varie tra le persone è possibile individuare alcune caratteristiche comuni come la risposta viscerale motoria. Tutte le emozioni hanno una manifestazione fisica attraverso risposte motorie viscerali e somatiche, che spesso includono movimenti dei muscoli facciali. Un importante ricercatore in questo campo è Paul Ekman, secondo il quale queste espressioni sono innate e hanno un'importante funzione comunicativa. Ekman ha anche studiato l'importanza del contesto culturale e delle sue norme nella percezione delle espressioni facciali di emozione. A tal proposito suggerisce che, sebbene le espressioni di base siano universali, la loro interpretazione può variare in base alle diverse culture (Ekman & Oster, 1979).

Le basi neurali delle emozioni: dal sistema limbico alla rete cerebrale

Poiché l'espressione emotiva è fortemente correlata al sistema motorio viscerale, è ragionevole pensare che le strutture centrali del cervello che governano i neuroni pre-gangliari nel tronco cerebrale e nel midollo spinale svolgano un ruolo fondamentale in questo processo. Storicamente, si credeva che il sistema limbico fosse il centro delle emozioni; questa teoria si basava sulla scoperta dei primi neuroscienziati del XX secolo, i quali identificarono un gruppo di strutture cerebrali connesse tra loro e coinvolte nella regolazione delle emozioni che vennero chiamate "sistema limbico". Tuttavia, negli anni successivi, gli studi hanno dimostrato che il controllo delle emozioni coinvolge una vasta rete di aree cerebrali in interazione tra loro, tra cui l'amigdala e diverse aree corticali del lobo frontale (Bear, Connors, & Paradiso, 2016).

L'evoluzione del concetto di emozione: Darwin e la sua teoria

Nel XIX secolo si iniziò a considerare il coinvolgimento del cervello nell'espressione delle emozioni e attraverso alcune analisi, sia negli esseri umani che negli animali, furono sviluppate teorie riguardanti l'espressione delle emozioni.

Charles Darwin fu uno dei primi a teorizzare sulle emozioni, sostenendo che molte delle espressioni facciali e corporee delle emozioni umane sono universali e innate, sviluppate durante l'evoluzione come adattamenti comportamentali per far fronte a situazioni di pericolo, minaccia o opportunità. Secondo Darwin, le emozioni umane e quelle animali hanno origine comune e molte espressioni emotive sono simili in diverse specie. (Darwin, 2006)

La teoria delle emozioni James-Lange

Nel 1884, lo psicologo e filosofo americano William James (James, 1884) insieme al medico e psicologo danese Carl Lange (Lange, 1885) formulò la **Teoria delle emozioni James-Lange**. Secondo questa teoria, l'esperienza emotiva nasce dalla percezione di un cambiamento fisiologico nel corpo in risposta a uno stimolo esterno, piuttosto che viceversa. *“si ha paura perché si scappa, si prova ira perché ci si scontra fisicamente”* (Umberto, 2022).

Un oggetto stimola uno o più organi di senso; gli impulsi afferenti passano alla corteccia e l'oggetto viene percepito; allora le correnti scendono nei muscoli e nei visceri e li alterano in modi complessi; gli impulsi afferenti provenienti da questi organi sollecitati ritornano alla corteccia e, quando vengono percepiti, trasformano l'oggetto-semplicemente-appreso nell'oggetto-emozionalmente-percepito. (Cannon, 1927)

Questa teoria ha avuto un grande impatto sulla psicologia delle emozioni ed è stata oggetto di molte critiche e dibattiti nel corso degli anni.

Le critiche alla teoria di James-Lange e la teoria di Cannon-Bard: Il ruolo dell'ipotalamo nell'espressione emotiva

Nell'articolo di Walter Cannon, *“The James-Lange theory of emotions: a critical exam and an alternative theory”*, pubblicato nel 1927 sull'*American Journal of Psychology*, sono contenute

diverse critiche rivolte alla teoria di James-Lange sulle emozioni. Nell'articolo Cannon esamina la teoria e ne propone una alternativa che prende in considerazione il ruolo del sistema nervoso autonomo nella risposta emotiva. La teoria di Cannon fu soggetta ad alcune modifiche da parte dello psicologo Philip Bard, con il quale nacque la Teoria di Cannon-Bard, secondo cui la percezione di un evento emotivamente rilevante attiva contemporaneamente sia la risposta fisiologica che quella emotiva. Nello specifico, lo stimolo emotivo viene inviato al talamo (una struttura cerebrale) da qui viene inviata in modo simultaneo sia all'amigdala (la regione del cervello coinvolta nell'esperienza emotiva) che al sistema nervoso autonomo (che controlla la risposta fisiologica). La teoria di Cannon-Bard rappresenta un'alternativa alla teoria di James-Lange, secondo cui la risposta fisiologica è la causa dell'esperienza emotiva.

Tra le argomentazioni di Cannon contro la teoria di James-Lange troviamo innanzitutto che una stessa risposta fisiologica può essere associata a diverse emozioni come, ad esempio, la reazione di pianto che può essere associata sia alla paura che alla gioia; inoltre, una stessa emozione può essere associata a risposte fisiologiche diverse in base alla situazione (Cannon, 1927). Secondo la teoria di Cannon-Bard, l'ipotalamo è la struttura cerebrale che gioca il ruolo più importante nell'espressione emotiva. Tra gli esperimenti di Bard e Cannon si annovera quello sui gatti, ai quali vennero rimossi entrambi gli emisferi cerebrali. Osservarono che i gatti, in assenza di stimoli esterni, mostravano comportamenti aggressivi. Il comportamento aggressivo sorgeva in modo spontaneo e comprendeva anche le reazioni fisiologiche tipiche di questa emozione: aumento della pressione sanguigna, dilatazione delle pupille, frequenza cardiaca ecc. Poiché questi comportamenti di rabbia potevano essere evocati in assenza di stimoli esterni o con un minimo stimolo, chiamarono questo comportamento "*finta rabbia*". Questi esperimenti portarono a ipotizzare che l'ipotalamo fosse il responsabile dell'espressione delle emozioni e che la corteccia cerebrale la inibisce. Diversi studi confutarono questa teoria, compreso il ruolo dell'ipotalamo nel provare emozioni. (Simic, 2021)

Teorie successive alle teorie di James-Lange e Cannon-Bard:

Sono diverse le teorizzazioni sull'emozione che sono state proposte successivamente alla teoria di James-Lange e Cannon-Bard. Una di queste risale al 1930, quando alcuni studiosi ipotizzarono l'esistenza di un sistema responsabile dell'esperienza delle emozioni, ciò che venne definito "sistema limbico".

In uno studio pubblicato nel 1878, Paul Broca rilevò sulla superficie mediale del cervello un gruppo di aree corticali diverse dalla corteccia circostante, che chiamò lobo limbico. Inizialmente non scrisse nulla sull'importanza di queste strutture in merito alle emozioni, che vennero ritenute principalmente coinvolte nella percezione olfattiva. Fu James Papez ad avanzare per la prima volta l'ipotesi che le strutture limbiche fossero coinvolte nelle emozioni. (Bear, Connors, & Paradiso, 2016)

Ad oggi sappiamo che l'esperienza emotiva coinvolge diverse aree del sistema nervoso, dalla corteccia cerebrale al sistema nervoso autonomo, per questa ragione possiamo affermare che la reazione emotiva è il risultato di una complessa interazione tra diversi fattori, tra cui: gli stimoli sensoriali e i circuiti cerebrali.

CAPITOLO 2

LE EMOZIONI NEGLI ANIMALI

La personalità e l'emotività negli animali: Un campo di ricerca in espansione

Lo studio della personalità e dell'emotività negli animali è diventato un campo di ricerca sempre più rilevante in diversi ambiti scientifici. Mentre in passato si riteneva che solo gli esseri umani potessero avere una personalità e sperimentare emozioni complesse, oggi sappiamo che anche molti animali manifestano tratti distintivi di personalità e possono esprimere una vasta gamma di emozioni. Negli animali, così come negli esseri umani, la personalità si riferisce a un insieme di caratteristiche comportamentali distintive che differenziano un individuo da un altro.

"Anche gli insetti esprimono rabbia, terrore, gelosia e amore, con il loro stridio." -Charles Darwin, The Expression of the Emotions in Man and Animals

Le teorizzazioni di Darwin sull'espressione emotiva: Un pioniere dell'approccio evolutivo

Nel 1872, Darwin pubblicò il suo libro *"The Expression of the Emotions in Man and Animals"* in cui fu il primo a considerare la natura unica dell'espressione emotiva da un punto di vista evolutivo e funzionale. Sosteneva che i casi di espressione emotiva erano riconoscibili non solo negli esseri umani, ma anche in specie strettamente imparentate come gli scimpanzé, così come negli animali domestici. Nella sua teorizzazione definì le emozioni primarie, come rabbia, paura e felicità, come stati emotivi universali e innati, presenti sia negli umani che negli animali, suggerendo come queste siano espresse attraverso espressioni facciali e comportamenti osservabili. Esse hanno un'origine evolutiva comune e svolgono un ruolo molto importante nella sopravvivenza e nell'adattamento in natura. Tuttavia, oltre alla sua intuizione, basata spesso sull'antropomorfizzazione, non è stato in grado di fornire criteri oggettivi e coerenti per identificare l'espressione emotiva in specie evolutivamente distanti. Sebbene gli organismi modello possano avere stati emotivi primitivi che si manifestano attraverso comportamenti osservabili, non è corretto considerarli alla pari delle categorie psicologiche che definiscono le emozioni umane. Al contrario, si suggerisce che questi stati emotivi primitivi possiedano caratteristiche condivise tra le diverse emozioni, ma che attraverso un processo

evolutivo filogenetico vengano espresse in comportamenti differenti tra specie e specie (Darwin, 2006). Nondimeno, le teorizzazioni di Darwin sono state pionieristiche e hanno aperto la strada alla comprensione dell'espressione emotiva da un punto di vista evolutivo, e la ricerca successiva ha portato ulteriori progressi e nuove prospettive.

Il continuum shyness-boldness come parametro comune in diverse specie modello

Il continuum *shyness-boldness* è un parametro studiato da diversi ricercatori, sia in ambito psicologico che ecologico. Esso viene considerato un asse fondamentale delle differenze di personalità e comportamento umano, con basi fisiologiche e ormonali. La propensione al rischio e la timidezza sono variazioni di comportamento che esistono in diverse specie, non solo quella umana, e infatti sono stati effettuati numerosi studi anche su primati, gatti, ratti e cani. Questo è un parametro molto comune che viene utilizzato da numerosi ecologisti comportamentali in quanto attraversa diverse categorie, quali: età, sesso e taglia. (David Sloan Wilson A. B., 1994)

Nel 1993 Wilson e i suoi colleghi condussero uno studio in cui andarono a descrivere le differenze individuali nella propensione al rischio dei pesci della specie *Lepomis gibbosus*. Gli esperimenti vennero condotti su due gruppi distinti attraverso l'utilizzo di due diverse tipologie di trappole e da un punto di vista comportamentale, sia in laboratorio che nell'habitat naturale. Si sono potute osservare allora differenze significative nel tempo necessario ai singoli gruppi per acclimatarsi all'ambiente del laboratorio, nella dieta prima della cattura, nella fauna e nei parassiti, infine, nel comportamento sul campo. Nello studio vennero identificate due categorie di pesci posizionate agli estremi del continuum *shyness-boldness* (timidezza-coraggio): gli individui "bold" mostravano comportamenti più inclini al rischio, erano più disposti a confrontarsi con predatori o individui della stessa specie per ottenere risorse e mostravano una maggiore tendenza all'esplorazione dell'ambiente. Al contrario, gli individui "shy" erano meno inclini a esporsi ai rischi e, di conseguenza, avevano un accesso ridotto alle risorse e alle opportunità di accoppiamento. (David Sloan Wilson K. C., 1993)

Il parametro del continuum *shyness-boldness* è stato adottato nello studio di diverse tipologie di pesci, tra cui il *Brachyrhaphis episcopi*. Secondo uno studio condotto da Brown e colleghi nel 2005, le popolazioni di *Brachyrhaphis episcopi* provenienti da regioni ad alta predazione sono più audaci rispetto a quelle da zone a bassa predazione. In questo studio sono state coinvolte otto popolazioni diverse dei *Poeciliid Brachyrhaphis Episcopi* da quattro fiumi indipendenti lungo il Canale di Panama. In ciascun fiume sono stati selezionati due siti campione, uno con alta e uno con bassa abbondanza

di predatori. Lo studio prevedeva la misurazione della latenza impiegata dai soggetti ad emergere da un luogo riparato per perlustrare l'ambiente circostante e reinserirsi nel fiume. I risultati ottenuti suggeriscono che il temperamento dei pesci varia in modo considerevole con l'età; i pesci più piccoli, infatti, tendono ad essere più audaci, a dimostrazione del fatto che hanno più bisogno di foraggiamento rispetto a quelli più anziani; i pesci più audaci, quando uscivano a perlustrare l'ambiente circostante, avevano la tendenza ad allontanarsi dal gruppo più facilmente rispetto a quelli più timidi. I risultati non mostravano differenze significative tra i sessi per quanto riguarda l'audacia, se non che i maschi tendevano ad emergere più velocemente rispetto alle femmine, fattore, questo, probabilmente legato al fatto che i maschi, una volta appreso di poter rientrare nel torrente, volevano raggiungere le femmine. (Culum Brown, 2005). In uno studio di *Salmo Trutta*, sono state osservati simili comportamenti su degli esemplari di trota, nei quali i maschi mostravano una minore propensione a rispondere a ripetuti attacchi dei predatori rispetto alle femmine. Inoltre, i maschi avevano più del doppio delle probabilità di provocare interazioni agonistiche. Si può concludere che le differenze di audacia rispetto al sesso hanno probabilmente una base ormonale. (Johnsson, 2001)

In uno studio condotto da Riechert e Hedrick è emerso che anche in una specie di ragni del deserto si possono notare comportamenti ascrivibili al continuum shyness-boldness: in quegli esperimenti venne utilizzato il ragno della specie *Agelenopsis aperta*, specie che vive in zone aride e costruisce una ragnatela a imbuto come rifugio. Di solito, questo ragno trascorre la maggior parte del giorno all'interno della ragnatela, uscendo solo per cercare cibo e difendere la sua struttura. Ci sono due popolazioni di questi ragni: una che vive nelle praterie e una che vive in boschi ripariali vicino a un corso d'acqua. Nelle praterie le temperature sono più elevate e c'è meno tempo disponibile per il foraggiamento, oltre ad una limitata disponibilità di prede. Al contrario, i ragni che vivono nei boschi ripariali hanno a disposizione un maggior numero di prede e possono nutrirsi per periodi più lunghi. A causa di queste differenze i ragni delle praterie richiedono territori più ampi e sono più esposti alla competizione con altri individui. Un esperimento è stato condotto per valutare la risposta dei ragni ripariali a un potenziale predatore. I ragni sono stati posti nel loro rifugio a imbuto e sono state simulate vibrazioni e sbuffi d'aria atti ad imitare l'avvicinamento di un uccello predatore. La latenza dei ragni nel tornare alla modalità di foraggiamento è stata misurata come indicatore di paura o aggressività. Un altro esperimento ha valutato il comportamento agonistico dei ragni mettendo coppie di individui della stessa dimensione corporea su una ragnatela e osservando le interazioni tra di loro. È stato notato allora che i ragni che sono tornati più velocemente all'imbuto dopo la perturbazione indotta durante il precedente esperimento avevano maggiori probabilità di vincere le competizioni agonistiche rispetto a quelli che impiegavano più tempo a tornare alla modalità di foraggiamento. Questi risultati sono stati osservati sia in laboratorio che nell'habitat naturale. Anche gli studi di

Huntingford del 1976 su un pesce spinarello suggeriscono che simili comportamenti di aggressività e paura nei confronti di conspecifici e predatori possono essere riscontrati in diverse specie. Nel caso dei ragni delle praterie, è stato osservato che avevano maggiori probabilità di vincere gli incontri agonistici rispetto ai ragni dei boschi ripariali e mostravano anche meno paura nei confronti del segnale di un predatore, come indicato da latenze più brevi nel tornare all'imbuto dopo l'esposizione ad esso. (Susan E. Riechert, 1993,)

Il comportamento anxiety-like nello studio dell'ansia e della personalità animale

Il termine “comportamento *anxiety-like*” si riferisce a quei comportamenti che indicano stati di ansia e/o paura. Nello studio dell'ansia e della personalità animale si fa riferimento a questi comportamenti in funzione del fatto che non esiste una misura corrispondente all'ansia come quella della specie umana. Tra questi riconosciamo i meccanismi di fuga e di difesa attiva che riproducono comportamenti associati ad ansia e paura. Sono diversi i test adottati per studiare il comportamento ansioso e tra questi uno dei più famosi è il test della scatola chiara/scura utilizzata in modelli animali come i ratti e i pesci.

Il test della scatola chiara/scura si fonda sull'avversione innata dei roditori per le zone fortemente illuminate e sul loro naturale comportamento evolutivo in risposta a situazioni di stress lieve, come l'incontro con nuovi ambienti o oggetti. Questa metodologia è stata introdotta da Crawley e Goodwin nel 1980 ed è stata ampiamente utilizzata nella ricerca comportamentale per valutare il livello di ansia nei modelli animali (Jacqueline Crawley, 1980). Durante il test il conflitto naturale che si verifica è legato alla tendenza degli animali ad esplorare nuovi ambienti ed oggetti e la tendenza ad evitare ciò che non è familiare (neofobia). Nel test sono stati coinvolti topi maschi del ceppo C57Bl/6J, in quanto è stato mostrato in diversi studi come questi diano una risposta migliore ai farmaci. Quando gli animali vengono posti nella scatola chiara/scura, tendono ad esplorare la parte buia della scatola, e allo stesso tempo mostrano un comportamento evitante per la parte illuminata. Durante il test vengono somministrati due farmaci di tipo ansiolitico e ansiogeno. È stato riscontrato come il farmaco ansiolitico aumenti la locomozione e il tempo trascorso nella zona luminosa, mentre l'ansiogeno al contrario, la diminuisce. È stato osservato altresì, come l'effetto dei farmaci possa variare in base ai ceppi di topi o ai tipi di farmaci somministrati. (Hascoe't, 2003)

Lo stesso tipo di misurazione è stato condotto anche su altre specie, come il pesce zebra (Zebrafish) e il pesce rosso (goldfish), e ha mostrato gli stessi risultati per quanto riguarda la preferenza per le

zone poco illuminate. Nel 2010 uno studio condotto da Maximino e colleghi ha coinvolto sia il pesce zebra che il pesce rosso, suddividendoli in quattro gruppi in base alla specie e all'ambiente di allevamento (ambienti arricchiti o impoveriti di vegetazione e rocce). Ciascuna specie è stata allevata per due mesi nei rispettivi ambienti prima del test, dopodiché è stata trasferita nella sala di osservazione comportamentale. I risultati hanno mostrato che i pesci cresciuti in un ambiente arricchito trascorrevano significativamente più tempo nel compartimento bianco della vasca, rispetto a quelli cresciuti in un ambiente impoverito. Questi risultati suggeriscono che un ambiente più stimolante e ricco può ridurre il comportamento ansioso in queste specie. (Maximino, 2010)

Tra i test comportamentali nella ricerca neurobiologica troviamo il *Test Elevated Plus Maze (EPM)*, uno dei più utilizzati per studiare l'ansia e l'emotività nei roditori. Esso si basa sull'osservazione della tendenza dei roditori a evitare luoghi aperti e scoperti, considerati pericolosi e inospitali. L'EPM è un apparecchio costituito da una piattaforma a forma di croce con due bracci aperti e due chiusi all'estremità. Questa piattaforma è sollevata dal pavimento, generalmente a un'altezza di circa 40-70 cm. I bracci aperti sono privi di pareti laterali, mentre quelli chiusi hanno pareti alte che impediscono ai topi di cadere. Circa 25 minuti prima dell'inizio del test viene somministrato negli animali un farmaco ansiolitico e questi vengono quindi posizionati al centro della croce, nel punto in cui si snodano entrambe le tipologie di bracci. Il tempo di registrazione è di cinque minuti e i comportamenti osservati tengono conto del tempo trascorso nei bracci aperti e nei bracci chiusi e del numero di ingressi. I risultati mostrano che gli ansiolitici CL 218.872 e tracazolato hanno aumentato significativamente la percentuale di tempo trascorso nei bracci aperti. D'altra parte, gli agonisti inversi del recettore delle benzodiazepine FG 7142 e CGS 8216, così come la benzodiazepina atipica Ro 5-4864, hanno causato attività ansiogena in questo test, riducendo invece il tempo trascorso in questi bracci. (Sharon Pellow, 1986)

L'esperimento è stato condotto da diversi scienziati, incluso il lavoro di Rodgers e Johnson, i quali hanno introdotto delle misure etologiche insieme ai parametri standard riguardanti gli ingressi e il tempo trascorso nelle braccia aperte del labirinto elevato. Alcuni studiosi hanno suggerito che aggiungendo l'osservazione del comportamento dei roditori nel labirinto, come la loro posizione fisica e i comportamenti tipici di difesa, si potesse migliorare la sensibilità, l'affidabilità e la validità ecologica del test. In particolare, il lavoro di Blanchard sulla difesa anti-predatore nei roditori è stato fondamentale in questo contesto.

Tra i comportamenti misurati sono stati inclusi: la toelettatura, il movimento esplorativo di testa/spalle sui lati del labirinto, posizioni di attesa in tensione, postura di esplorazione in cui il topo si allunga in avanti e si ritrae nella posizione originale, uscita da un braccio chiuso con solo le zampe

anteriori, comportamento di avvicinamento a dorso piatto e segnali di tigmotassi. Le braccia aperte del labirinto sono state designate come aree non protette, mentre le braccia chiuse come aree protette che offrono una relativa sicurezza. Nello studio sono stati utilizzati 90 roditori maschi di età compresa tra 12 e 15 settimane, tutti privi di esperienze sperimentali e non sottoposti a farmaci. I risultati hanno dimostrato che i roditori esibivano elevati livelli di attività nel labirinto, ma che il comportamento non era uniformemente distribuito. Essi hanno mostrato un numero doppio di ingressi nelle braccia chiuse rispetto alle braccia aperte, confermando la natura avversiva di quest'ultime. Inoltre, i comportamenti esplorativi e di raccolta di informazioni, come annusare, abbassare la testa e posture allungate, erano osservati prevalentemente nelle aree protette del labirinto. L'approccio etologico al comportamento ha fornito una comprensione più approfondita del comportamento animale in questo contesto sperimentale. (Johnson, 1995)

In uno studio di Ester Fride e Marta Weinstock, sull'impatto dello stress prenatale su livelli di ansia e la lateralizzazione cerebrale dei tassi di turnover della dopamina nei ratti, è emerso che i ratti stressati prima della nascita esprimono una maggiore paura in risposta a situazioni stressanti durante l'età adulta. Inoltre, ha rivelato che lo stress prenatale può portare ad alterazioni selettive nei tassi di turnover della dopamina in specifiche regioni del cervello legate alla regolazione emotiva. I cambiamenti a livello neurobiologico si sostiene siano associati all'aumento dei livelli di ansia nei ratti. In questo studio sono stati coinvolti 62 ratti divisi in due gruppi, quello di controllo e quello stressato. Il comportamento è stato osservato attraverso il labirinto a forma di croce con due bracci aperti e due chiusi per dieci minuti e i ricercatori hanno misurato il tempo trascorso in ciascuno dei bracci. Il trascorrere più tempo nelle braccia aperte è associato a livelli di ansia ridotti perché indica la volontà e il coraggio di esplorare ambienti nuovi e potenzialmente pericolosi. Per la misurazione dei tassi di turnover della dopamina e serotonina è stato necessario raccogliere dei campioni di cervello dei topi osservati nel labirinto. I risultati hanno suggerito che lo stress prenatale induce alterazioni all'asimmetria cerebrale: anomalie nei tassi di turnover della dopamina nel PCF e nel nucleo accumbens erano presenti solo nell'emisfero destro dei ratti stressati prenatalmente, confermando l'aspettativa che l'attività nell'emisfero destro, più fortemente legata all'emotività, è influenzata dallo stress gestazionale. (Ester Fride, 1988)

Diversi studi ecologici hanno mostrato come gli effetti materni sulla prole abbiano implicazioni molto importanti nello sviluppo del comportamento. Per effetti materni si intende l'influenza delle caratteristiche della madre sullo sviluppo e sul comportamento della prole, al di là della trasmissione dei geni. In uno studio sulle uova del canarino (*Serinus canaria*) è stato mostrato come le dosi di testosterone trasmesse dalla madre durante la deposizione influenzino i tratti comportamentali dei

piccoli. Il testosterone sulle uova spiega la variazione interindividuale nel comportamento aggressivo osservato tra la prole. (Bernardo, 2015) (Schwabl, 1996)

In sintesi, abbiamo visto come molte specie animali manifestino tratti distintivi di personalità e possano esprimere una vasta gamma di emozioni, tuttavia, per poter ottenere una comprensione più approfondita delle emozioni animali è essenziale esaminare le metodologie utilizzate per misurarle in modo oggettivo e coerente. Nel prossimo capitolo esploreremo le diverse tecniche adottate dalla ricerca per valutare le emozioni negli animali modello.

CAPITOLO 3

LE METODOLOGIE PER MISURARE LE EMOZIONI NEGLI ANIMALI

Nel precedente capitolo, sono stati introdotti i due parametri più comuni utilizzati dai ricercatori per indagare le emozioni e la personalità negli animali. L'obiettivo della ricerca è sempre stato quello di trovare dei parametri oggettivi che potessero spiegare l'unicità dell'espressione emotiva negli animali senza ricadere in antropomorfismi, attribuendo loro erroneamente emozioni umane. La ricerca viene spesso classificata in base al tipo di approccio utilizzato negli studi. Mentre i biologi evolucionisti si concentrano sui comportamenti definiti come “*anxiety-like*”, sottolineando il fatto che non esiste una misura corrispondente all'ansia come negli esseri umani, altri ricercatori, soprattutto gli psicobiologi, concentrano tali studi sull'ansia con un orientamento incentrato sugli effetti e le risposte ai trattamenti farmacologici. Altri ricercatori hanno considerato il continuum *shyness-boldness* come un asse fondamentale nello studio delle differenze di personalità e comportamento, con basi fisiologiche e ormonali. La propensione al rischio e la timidezza sono variazioni di comportamento che esistono in molteplici specie viventi. Per valutare e quantificare le emozioni negli animali, oltre agli indicatori comportamentali basati sull'etologia, vengono impiegati test appositi per misurare le reazioni fisiologiche che si riscontrano nelle specie modello quando vengono esposte a situazioni che possono essere più o meno naturalistiche e potenzialmente ansiose, all'interno di ambienti di laboratorio controllati.

Risposta di congelamento e attivazione fisiologica nelle galline di pernice bianca

Tra i parametri utilizzati per studiare il comportamento animale associato ad ansia e paura troviamo da un lato i meccanismi di difesa attiva e dall'altro i meccanismi di fuga. L'inibizione motoria, con la conseguente immobilità e la risposta di freezing sono risposte associate alla paura. In particolar modo la risposta di freezing si caratterizza come uno stato in cui l'animale rimane completamente immobile, quasi come se fosse “congelato”, accompagnato da una ridotta frequenza cardiaca e da un aumento dell'attenzione sensoriale, poiché cerca di rilevare qualsiasi potenziale minaccia. È una risposta utilizzata per far fronte a situazioni pericolose in cui l'animale decide di rimanere immobile in modo da non attirare l'attenzione del predatore o per precedere un comportamento di fuga. Questo

tipo di risposta è stata spesso confusa con altri comportamenti di immobilità come la catalessia, l'ipnosi e l'immobilità tonica.

L'immobilità tonica si riferisce ad una risposta che implica uno stato di cambiamento fisiologico nella frequenza cardiaca e respiratoria, e uno stato di immobilità fisica in cui l'animale trema e riduce i vocalizzi. Questa risposta può durare da qualche secondo a diverse ore e viene considerato un meccanismo anti-predatore che gli animali utilizzano per sfuggire al rilevamento da parte dei predatori.

La catalessi è caratterizzata da una rigidità muscolare eccessiva, infatti gli animali in questo stato mantengono posizioni fisse e rigide anche se risultano scomode e poco naturali. La posizione può essere mantenuta per un periodo prolungato senza cambiamenti significativi ed è spesso associato ad uno stato di trance in cui l'animale appare in uno stato di coscienza alterato. Esso rappresenta un meccanismo di difesa in risposta a situazioni di minaccia in cui l'animale entra in questo stato per confondere i predatori. Differisce dall'immobilità tonica in quanto quest'ultima comporta una riduzione del tono muscolare, tremori e immobilità più molle, mentre la catalessi è caratterizzata dalla rigidità muscolare.

La tanatosi è una reazione di immobilità estrema adottata dagli animali per apparire senza vita, destabilizzando i predatori. Durante questo stato le funzioni vitali dell'animale possono rallentare e possono presentare leggeri tremori e contrazioni muscolari. Anche questa reazione rappresenta un meccanismo di sopravvivenza evoluto nel corso del tempo per confondere i predatori.

In uno studio di Steen e Gabrielsen sulle galline di pernice bianca, è stato osservato un comportamento di "freezing" e una variazione di alcuni indici fisiologici in risposta a un avvicinamento predatorio. Lo studio è stato condotto coinvolgendo sia galline selvatiche che galline tenute in cattività. Alle galline selvatiche è stato fissato un trasmettitore ECG (elettrocardiografia) come se fosse uno zaino e i segnali di HR (frequenza cardiaca) e VR (frequenza respiratoria) sono stati tracciati attraverso un'antenna direzionale e una radio FM con auricolari. I segnali venivano registrati su di un nastro e la frequenza del battito cardiaco è stata estratta attraverso un microcomputer. L'osservatore ha monitorato la gallina utilizzando un telescopio da una distanza di circa 50 m. La stimolazione visiva è stata fatta da una persona seguita da cane, che camminava lentamente verso la gallina fermandosi a intervalli di 5 m. L'osservatore attraverso la radio FM monitorava l'attività cardiaca attraverso gli auricolari. Al contrario le galline in cattività sono state tenute dentro a delle gabbie all'aperto. La stimolazione visiva è stata effettuata da un soggetto che camminava verso di loro. Nell'esperimento è stata coinvolta anche una gallina in incubazione che covava le uova a cui sono stati posizionati degli elettrodi ECG in superficie e iniettato una dose di atropina. Nel caso delle galline selvatiche non in

incubazione, esse hanno mostrato una risposta comportamentale caratterizzata da innalzamento del capo e apertura degli occhi, accompagnata da un aumento della frequenza cardiaca. Le galline in incubazione al contrario hanno mostrato bradicardia alle provocazioni visive. Nel caso della gallina con l'iniezione di atropina la risposta di bradicardia alla provocazione è stata annullata, mentre l'indice HR è diventato irregolare. Le galline in cattività sia in incubazione che no, avevano una frequenza cardiaca a riposo più elevata rispetto a quelle selvatiche, e hanno mostrato meno risposta ai suoni dell'avvicinamento umano, probabilmente a causa dell'abitudine. La provocazione visiva le rendeva irrequiete con un aumento della HR e VR. Le galline con i pulcini hanno risposto con un comportamento di congelamento accompagnato da periodi alternati di HR e VR aumentati e diminuiti. Successivamente alcune galline hanno adottato la risposta di fuga man mano che si avvicinava l'umano. Diverse sono le strategie che le galline hanno adottato in base alla situazione. La bradicardia osservata durante la risposta di congelamento sembra essere correlata ad uno scopo difensivo, poiché valori di HR e VR ridotti portano ad una diminuzione del rumore causato dalla turbolenza idrodinamica del corpo della gallina, rendendo l'animale poco visibile dai predatori. Anche la riduzione del metabolismo riduce gli odori del corpo e della respirazione. L'iniezione di atropina probabilmente abolisce la risposta bradicardica andando ad inibire la stimolazione parasimpatica e stimolando quella simpatica, modificando la frequenza cardiaca. I risultati hanno mostrato come a seconda della situazione le galline adottano diverse strategie in risposta alla minaccia dei predatori, tra cui la fuga e il congelamento. (J. B. Steen, 1988)

Lo studio evidenzia come differenti situazioni scatenino risposte specifiche da parte degli animali, come il congelamento, il battito cardiaco accelerato o rallentato e la variazione del ritmo respiratorio. Questo collegamento tra stimoli (minacce) e risposte fisiologiche/comportamentali può aiutare a comprendere meglio come le emozioni si manifestino negli animali.

Implicazione dello stress materno sulla qualità di vita della prole: il ruolo del cortisolo come indicatore dello stress

Lo studio di Mark I. McCormick del 1998 relativo all'influenza delle condizioni materne sulle dimensioni e sulla qualità delle larve in una specie di castagnole tropicali, *Pomacentrus amboinensis*, esamina come le variabili non genetiche, in particolar modo quelli relativi alla condizione fisiologica della madre durante la gametogenesi, possano influire sulla qualità della prole. Nello studio vengono esaminati anche i fattori che influenzano i livelli di cortisolo materno, suggerendo che la densità dei predatori e dei concorrenti gioca un ruolo fondamentale nell'aumento del cortisolo materno. Lo studio

prevedeva quattro metodi differenti: in primo luogo sono state raccolte le uova attraverso nidi artificiali posizionati nella Barriera Corallina. Le uova sono state trasportate in laboratorio e messe in incubazione. Successivamente sono state catturate le femmine primarie associate ai nidi artificiali monitorati, per misurare la variabilità naturale dei livelli di cortisolo e per confrontarle con quelle manipolate sperimentalmente. Infatti, questa prima metodologia aveva come obiettivo quello di stabilire la relazione tra i livelli di cortisolo nelle ovaie e le uova appena deposte. Il secondo esperimento prevedeva la misurazione dei livelli di testosterone presente nelle ovaie della femmina. Il test è stato condotto su campioni di tessuto ovarico e le concentrazioni di cortisolo e testosterone sono state misurate utilizzando tecniche standard di dosaggio radioimmunologico (RIA). Il terzo esperimento è stato condotto per verificare se i livelli di cortisolo materno influissero sulla qualità della prole. L'esperimento ha previsto la traslocazione di coppie riproduttive in 18 barriere coralline isolate precedentemente da altri pesci per evitare potenziali interferenze. Alcune di queste femmine sono state sottoposte ad un'iniezione di cortisolo la mattina successiva alla deposizione delle uova con l'obiettivo di influenzare lo sviluppo del successivo lotto di uova. L'ultimo esperimento mirava a valutare la potenziale influenza delle interazioni con altre specie sui livelli di stress nelle femmine. Le interazioni sono state osservate entro un raggio di 5 metri attorno ai nidi. Il metodo ha previsto l'utilizzo di procedure di regressione lineare in cui sono state messe in relazione le interazioni tra femmine e altre specie e le concentrazioni di cortisolo. I risultati mostrano che c'è una correlazione significativa tra i livelli di cortisolo nelle uova e nelle ovaie materne, indicando una forte connessione tra essi. Inoltre, livelli elevati di cortisolo nelle uova sono stati collegati a larve più corte al momento della schiusa. Questi risultati sottolineano il potenziale impatto degli ormoni dello stress materno sulla qualità e sullo sviluppo delle larve. Inoltre, i trattamenti sperimentali non hanno portato a cambiamenti nei livelli di testosterone ovarico, ciò significa che gli effetti dell'iniezione di cortisolo sono specificatamente correlati ai livelli di cortisolo senza influenzare la concentrazione di altri ormoni. Le femmine di controllo con livelli di cortisolo più bassi hanno dato origine a larve con caratteristiche morfologiche diverse rispetto alle femmine sottoposte al trattamento con cortisolo. Infine, i risultati suggeriscono che la complessa interazione tra predatori, concorrenti e le femmine che depongono le uova, contribuisce ad innalzare i livelli di stress nelle femmine. Nel complesso, lo studio presenta un quadro completo di come lo stress materno, causato da fattori ecologici e interazioni tra specie, possa influenzare la qualità della prole. Lo studio mostra come esiste una relazione tra cortisolo materno e morfologia della prole, in quanto va ad influenzare la lunghezza e dimensione della prole. (McCormick, 1998)

La valutazione delle emozioni negli animali richiede un approccio interdisciplinare che integri sia parametri comportamentali etologici che misurazioni degli indicatori fisiologici. I parametri

comportamentali permettono la valutazione del comportamento osservabile in risposta a stimoli e situazioni specifiche, come ad esempio i movimenti, la postura, le vocalizzazioni, la predisposizione al rischio. D'altra parte, la misurazione degli indicatori fisiologici, come ad esempio i livelli di cortisolo, forniscono una misurazione oggettiva e quantificabile dello stato emotivo dell'animale.

CAPITOLO 4

STRUTTURE NEURALI COINVOLTE NELLE EMOZIONI

Il pesce zebra, noto come Zebrafish, è diventato un modello ampiamente utilizzato per investigare le basi neurali delle emozioni e i complessi meccanismi comportamentali e neurali associati. Ricerche recenti hanno rivelato che esiste una connessione tra differenze comportamentali e asimmetrie viscerali, dimostrando così l'esistenza di un sistema che lega queste caratteristiche. La caratteristica distintiva di questo animale è la capacità di identificare strutture cerebrali fin dalle prime fasi dello sviluppo e la trasparenza dei tessuti, che permette di osservare direttamente l'attività neuronale attraverso tecniche di imaging in vivo. Questo approccio consente di mappare i circuiti cerebrali coinvolti nelle risposte emotive e di acquisire una migliore comprensione dei meccanismi neurali sottostanti.

Relazione tra asimmetrie nella neuroanatomia del SNC e le risposte comportamentali in organismi modello

Barth et al. nel 2005, utilizzando una linea di zebrafish chiamata *frequent-situs-inversus (fsi)*, hanno suggerito che le asimmetrie nella neuroanatomia del sistema nervoso centrale (SNC) sono correlate ad alcune risposte comportamentali. Questo studio ha voluto indagare le relazioni tra simmetrie viscerali e neurali e il loro impatto sui comportamenti lateralizzati utilizzando la linea fsi che ha come caratteristica la nota "*situs inversus*", che significa inversione delle posizioni normali degli organi interni. Nello specifico in questa linea di zebrafish, l'asimmetria espressa a sinistra (L) e a destra (R) coinvolge organi come il cuore, il tratto gastrointestinale e le strutture neuroanatomiche nel cervello. Nello studio sono stati suddivisi i pesci in un gruppo di controllo, composto da individui LH (left-hearted, posizione normale del cuore) e in un gruppo sperimentale, formato da individui RH (right-hearted, posizione inversa del cuore) con anche asimmetrie neuroatomiche come la dimensione maggiore dell'abenula destra e la ghiandola parapineale posta a destra. I due campioni sono stati osservati ad otto giorni di vita in quattro test comportamentali differenti: test di socialità (*Mirror test*), un test di nuoto in differenti condizioni di luminosità, un test di startle e infine un test di scelta tra due stimoli target a cui erano stati precedentemente esposti. Nel *Mirror-test* è stata misurata la preferenza oculare nell'osservazione della propria immagine riflessa dei pesci LH ed RH. I risultati mostrano

che, quando i pesci sono esposti ad uno specchio per la prima volta, ci sono dei cambiamenti nel loro uso predominante degli occhi che avvengono nel corso dei primi cinque minuti. Mentre i pesci normali mostrano uno spostamento dall'uso dell'occhio sinistro al destro tra il quarto e il quinto minuto, anche i pesci LH (fsi) hanno mostrato lo stesso spostamento. Al contrario i soggetti RH (fsi) ha mostrato una predominanza e uno spostamento invertito. Questo è un confronto supportato da analisi che coinvolgono cambiamenti nel tempo e le differenze di lateralità. Nel test di scelta tra due stimoli target i soggetti di controllo tendono ad usare l'occhio destro più spesso quando si avvicinano al bersaglio. I soggetti del gruppo di controllo LH (fsi) si comportano in modo simile, infatti nel test di perline a due scelte, scelgono il percorso sul lato destro per raggiungere il bersaglio. Tuttavia, i soggetti RH (fsi) mostrano un'inversione nel comportamento. Essi preferiscono un approccio dal lato opposto. Entrambi i risultati suggeriscono che potrebbe esserci una relazione tra lateralizzazione del SNC, predominanza degli occhi e comportamenti decisionali in questa specie modello. Nel test di nuoto e di startle non sono emerse delle differenze significative tra LH ed RH. Nel test di nuoto entrambi i gruppi hanno svoltato a sinistra passando da una camera con bassa luminosità ad una con alta luminosità, mentre nel test di startle, modificando rapidamente le condizioni di luminosità, entrambi svoltavano a destra. In una variante del test, quando i soggetti LH ed RH vengono introdotti in uno scomparto nuovo con una striscia nera davanti, hanno mostrato una latenza differente nell'emergere. Mentre i soggetti LH hanno mostrato un aumento della latenza nel tempo di emersione, i soggetti RH hanno impiegato un tempo considerevolmente minore. Per concludere, mentre i soggetti LH hanno mostrato un quadro comportamentale sovrapponibile a quello osservato nel gruppo di controllo (che non avevano subito alcuna sezione o trattamento); al contrario i soggetti RH hanno mostrato tendenze comportamentali opposte e nell'ultimo test un atteggiamento più coraggioso. I risultati suggeriscono l'esistenza di un meccanismo che associ tra loro le asimmetrie viscerali ed alcune funzionali. (Barth, 2005)

La posizione dell'abenula e dell'organo parapineale nella relazione tra asimmetrie neuroanatomiche e comportamento

L'abenula fa parte di un sistema di conduzione conservato evolutivamente che connette le aree del proencefalo limbico con le strutture del mesencefalo ed è coinvolta in funzioni fondamentali come la ricerca di cibo e di un compagno, l'evitamento e le risposte ormonali allo stress. Durante la fase di sviluppo cerebrale del pesce zebra, l'organo parapineale si sposta vicino all'abenula, solitamente sul lato sinistro, dando luogo ad asimmetrie nell'espressione genica. Questo fenomeno sembra influenzare la formazione di funzioni cerebrali lateralizzate e contribuisce alle variazioni individuali

nella personalità e nelle strategie di adattamento. Uno studio condotto da Dadda e collaboratori nel 2010 ha esaminato tali ipotesi selezionando esemplari di pesce zebra alla nascita (marcati con il gene foxD3: GFP) con un organo parapineale a destra o a sinistra. In questo esperimento, sono state utilizzate diverse tipologie di test per valutare la lateralizzazione: il test dello specchio, il test per l'uso dell'occhio nell'ispezione dei predatori, il test per la preferenza rotazionale e la direzione di svolta nel buio. Inoltre, sono state effettuate misure di personalità attraverso test sulla distanza sociale, l'attività in isolamento sociale e la distanza dal predatore. Nei diversi test di lateralizzazione i soggetti con parapineale destra e sinistra differivano significativamente nella preferenza dell'occhio sia nel test dello specchio che nell'ispezione dei predatori. Nel test della preferenza rotazionale mentre i soggetti con parapineale sinistra ruotavano in senso orario, i soggetti con parapineale destra non hanno rilevato alcuna preferenza significativa. Sebbene nei test sulla lateralità, l'asimmetria parapineale abbia mostrato una grande influenza, nei test sulla personalità l'influenza dell'abenula è risultata più complessa. I pesci con organo parapineale destro hanno mostrato comportamenti più audaci rispetto a quelli con organo parapineale sinistro. Questi pesci si sono avvicinati di più al predatore, hanno trascorso più tempo nella zona interna del campo e hanno percorso una distanza minore quando erano al buio. Le attività in campo aperto sembrano essere correlate alla lateralità dell'ispezione del predatore, a sua volta influenzata dalla posizione della parapineale, piuttosto che alle asimmetrie anatomiche. I risultati relativi alle misurazioni di personalità hanno evidenziato che la tendenza alla socialità sembra essere correlata al sesso del pesce, anziché alle asimmetrie anatomiche o funzionali dell'organo parapineale. Dallo studio emerge che la posizione della parapineale non è un determinante esclusivo della lateralizzazione cerebrale nel pesce zebra e sono diversi i fattori che influenzano lo sviluppo di asimmetrie funzionali. Inoltre, diversi studi sui mammiferi hanno rilevato associazioni tra asimmetrie neuroanatomiche e comportamentali che coinvolgono diverse aree del cervello, mentre quelli sul pesce zebra sono correlati esclusivamente all'epitalamo. (Marco Dadda, 2010)

Il ruolo della connessione dell'abenula dorsale con il nucleo interpeduncolare nelle risposte di paura.

Uno studio condotto da Agetsuma e colleghi nel 2010 ha contribuito a chiarire il ruolo dell'abenula nelle risposte legate alla paura e all'ansia. Nel loro esperimento, hanno utilizzato la tecnica di espressione della tossina del tetano (TetxLC) per inibire il rilascio delle vescicole sinaptiche nei neuroni dell'abenula dorsale, interrompendo così la trasmissione neurale e modificando il comportamento di alcuni pesci modello. Per questa ricerca, sono stati impiegati pesci zebra

transgenici che sono stati sottoposti a un compito di condizionamento della paura. In questo compito, i pesci sono stati esposti a una luce rossa seguita da uno stimolo doloroso di shock elettrico. Mentre i pesci di controllo mostravano comportamenti di fuga migliorati in risposta allo stimolo condizionato, i pesci transgenici hanno mostrato un congelamento persistente o altre risposte anormali. Entrambi i pesci non hanno mostrato anomalie e differenze nel comportamento esplorativo o nell'attività locomotoria prima delle sessioni di adattamento. Inoltre, mentre le risposte dei pesci di controllo diminuivano mentre sperimentavano ripetutamente lo stimolo sia condizionato che incondizionato, al contrario nei pesci transgenici la risposta di congelamento diventava superiore durante la seconda sessione. Questi risultati indicano che la capacità di modificare la risposta comportamentale innata sulla base dell'esperienza sembra essere compromessa. Questo conferma il coinvolgimento dell'abenula dorsale e del sub nucleo laterale del pesce zebra sono implicate nel controllo dei comportamenti di paura e che il percorso dHb L - IPN potrebbe contribuire alla modulazione di essi. (Agetsuma, 2010)

Nel 2010, Lee e collaboratori condussero una ricerca simile in cui osservarono una reazione analoga nei partecipanti con un'alterazione dell'abenula, rispetto a quella osservata nei pesci zebra transgenici nell'esperimento condotto da Agetsuma e il suo gruppo di ricerca. Nello studio è stata coinvolta una linea di zebrafish larvale (KR11) che conteneva un fotosensibilizzante chiamato KillerRed mirato alle afferenze dell'abenula. Questo fotosensibilizzante rilascia delle specie reattive dell'ossigeno quando illuminato con luce verde, causando danni alla membrana senza causare morte cellulare. Durante l'esperimento, i pesci KR11 sono stati condizionati in una scatola di trasporto dove sono stati esposti a un lieve shock abbinato ad un segnale luminoso in diverse prove. Nei successivi test, i pesci KR11 non evitavano la luce che era stata precedentemente associata a uno stimolo doloroso, a differenza dei pesci di controllo. Inoltre, i pesci KR11 sottoposti allo stimolo doloroso mostravano una risposta di sbalzo quando veniva accesa la luce durante la prova, e questa è stata una prova indicativa di una reazione di ansia. Questa risposta ansiosa non era frequente nei pesci di controllo ed era assente nei pesci che non avevano ricevuto alcuno stimolo doloroso. La risposta di sussulto durante la luce ha suggerito un livello maggiore di ansia associato alla disfunzione della regione dell'abenula. (Lee, 2010) In sintesi, questi risultati mostrano un coinvolgimento della regione dell'abenula nell'elaborazione delle reazioni agli stimoli stressanti e nel modulare i comportamenti ansiosi, esattamente com'è stato rilevato dal precedente studio.

Complessivamente, diversi studi dimostrano che le differenze nella struttura cerebrale, specialmente nell'abenula e nell'organo parapineale, svolgono un ruolo significativo nel controllo del comportamento emotivo e decisionale. Le asimmetrie nella struttura del sistema nervoso centrale

sembrano essere collegate a preferenze nell'uso degli occhi e a scelte decisionali. Inoltre, anche le differenze nella posizione dell'abenula influenzano alcune caratteristiche della personalità. Questo approccio offre un metodo scientifico per indagare l'aspetto emotivo negli animali, offrendo una spiegazione di come le variazioni nella struttura cerebrale influenzino le reazioni emotive.

CONCLUSIONI

La risposta emotiva è un meccanismo che comprende sia risposte fisiche che cognitive, e che svolge un ruolo essenziale nel modellare le scelte e nel guidare il comportamento. Lo studio delle emotività negli animali ha attraversato diverse fasi nella storia, partendo da un approccio prettamente filosofico e psicologico fino ad arrivare alle prime argomentazioni sui processi neurali sottostanti alle reazioni emotive. Inizialmente si riteneva che solo gli umani potessero sperimentare emozioni complesse, mentre oggi sappiamo che anche gli animali possono manifestare tratti di personalità ed esprimere una vasta gamma di emozioni. Le prime teorizzazioni tendevano a basarsi spesso sull'antropomorfizzazione per identificare l'emotività in altre specie non umane. La ricerca ha permesso di portare ulteriori progressi e ad analizzare le emozioni da un punto di vista scientifico. Grazie ai parametri come il *continuum shyness-boldness* e il comportamento *anxiety-like* nello studio della personalità animale, si è potuto osservare un pattern di comportamenti e reazioni emotive specifiche negli animali. Nel secondo capitolo vengono analizzati alcuni setting sperimentali in cui specie modello come ratti, pesci e ragni hanno mostrato comportamenti più o meno inclini al rischio posizionandosi sul continuum coraggio-timidezza, confermando l'esistenza di tratti di personalità e reazioni emotive differenti. Nello studio dell'ansia animale si fa riferimento a meccanismi di fuga, difesa attiva, risposta di congelamento che riproducono verosimilmente comportamenti ansiosi e di paura. I test utilizzati per la valutazione dell'ansia hanno sfruttato l'avversione naturale dei roditori per le zone nuove, illuminate o aperte permettendo di osservare le risposte comportamentali in situazioni di stress. L'utilizzo di farmaci ansiogeni e ansiolitici ha permesso di osservare differenze nelle reazioni comportamentali suggerendo un risultato oggettivo sull'esistenza di stati d'ansia nei ratti. Diversi studi ecologici hanno anche mostrato come gli effetti materni sulla prole abbiano importanti implicazioni nello sviluppo del comportamento. Gli ormoni materni e le situazioni di stress prenatale modificano il comportamento nella prole. Tuttavia, la valutazione delle emozioni e del comportamento animale richiede un approccio interdisciplinare che integri sia parametri comportamentali etologici che misurazioni degli indicatori fisiologici. Mentre i parametri *shyness boldness* ed *anxiety like* permettono di valutare il comportamento osservabile attraverso una serie di test e situazioni naturali, d'altra parte la misurazione degli indicatori fisiologici e le tecniche di neuroimaging hanno permesso una misurazione e una interpretazione oggettiva e quantificabile dello stato emotivo e delle risposte comportamentali. Complessivamente tutti gli studi hanno dimostrato come differenze nella struttura cerebrale svolgono un ruolo significativo nel controllo del comportamento e di alcune di risposte allo stress. I risultati che emergono dagli studi precedentemente discussi sono significativi per la comprensione dei meccanismi neurali che sottendono i

comportamenti e le risposte emotive degli animali. Il circuito abenulare sembra essere coinvolto nel controllo delle funzioni cerebrali come l'apprendimento, l'accoppiamento, la risposta di evitamento e la risposta ormonale allo stress. Una disfunzione dell'abenula ha evidenziato come essa possa contribuire a sviluppare reazioni di ansia in determinati contesti. Grazie all'utilizzo di marcatori genetici è stato possibile ottenere informazioni sull'importanza dei percorsi neurali degli organi coinvolti nel controllo dei comportamenti in condizioni di stress. Inoltre, attraverso esperimenti di transgenesi è stato possibile inibire l'attività dell'abenula trovando conferma nel suo ruolo fondamentale nella modifica comportamentale dipendente dall'esperienza in risposta ai condizionamenti. Gli studi di Barth et al. del 2005 trovano supporto nello studio di Dadda et al. del 2010, in cui asimmetrie diencefaliche precoci contrassegnate dal posizionamento sinistro-destro della parapineale sembra influenzare lo sviluppo della lateralizzazione cerebrale funzionale. I pesci con parapineale destra e sinistra differivano in modo significativo nei test di lateralità, confermando una correlazione tra posizione della parapineale e lateralizzazione nel sistema nervoso centrale. La posizione della parapineale non sembra essere un determinante esclusivo della lateralizzazione cerebrale. Lo sviluppo di asimmetrie funzionali è influenzato da diversi fattori come l'ambiente e gli ormoni. Al contrario lo studio della personalità necessita uno studio approfondito che prenda in considerazione influenze ormonali e il sesso del soggetto per avere una misura più completa.

Non esiste un'unica teoria delle emozioni che possa spiegare tutti i processi trattati. Tuttavia, la ricerca sta progredendo nella valutazione di ogni aspetto del comportamento emotivo sia dal punto di vista neurobiologico che etologico. Gli studi presentati in questo testo forniscono una visione d'insieme dell'evoluzione della ricerca, che ha condotto a ottenere evidenze concrete sull'esistenza delle emozioni negli animali.

Bibliografia

- Agetsuma, M. A. (2010). The habenula is crucial for experience-dependent modification of fear responses in zebrafish. *Nat Neurosci* 13, 1354–1356.
- Barth, K. A. (2005). Fsi zebrafish show concordant reversal of laterality of viscera, neuroanatomy, and a subset of behavioral responses. *Current Biology*, 844-850.
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2016). *Neuroscienze, Esplorando il cervello*. Edra s.p.a.
- BERNARDO, J. (2015). Maternal Effects in Animal Ecology1. *American Zoologist*.
- Cannon, W. B. (1927). The James-Lange Theory of Emotion: A Critical Examination and an Alternative Theory. *The American Journal of Psychology*, 39, 106-124.
- Culum Brown, F. J. (2005). In situ examination of boldness–shyness traits in the tropical poeciliid, *Brachyrhaphis episcopi*. *Animal Behaviour*, 1003-1009.
- Darwin, C. (2006). *L'espressione delle emozioni nell'uomo e negli animali / Charles Darwin ; introduzione di Giorgio Celli*. Roma : Newton Compton.
- David Sloan Wilson, A. B. (1994). Shyness and boldness in humans and other animals. *Trends in Ecology & Evolution*, p. 442-446.
- David Sloan Wilson, K. C. (1993). Shy-Bold Continuum in Pumpkinseed Sunfish (*Lepomis gibbosus*):. *Journal of Comparative Psychology*, 250-260.
- Descartes, R. (1649). *Le passioni dell'anima*.
- Ekman, P., & Oster, H. (1979). Facial Expressions of Emotion. *Annual Review of Psychology*.
- Ester Fride, M. W. (1988). Prenatal stress increase anxiety related behavior and alters cerebral lateralization of dopamine activity. *Life Sciences*.
- Hascoett, M. B. (2003). The mouse light/dark box test. *European Journal of Pharmacology* 463, p. 55-65.
- J. B. STEEN, G. W. (1988). Physiological aspects of freezing behaviour in willow ptarmigan hens . *Acta Physiol Scand*, , 299-304 .
- Jacqueline Crawley, F. K. (1980). Preliminary report of a simple animal behavior model for the anxiolytic effects of benzodiazepines. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, p. 167-170.
- James, W. (1884). What is an Emotion? *Mind*, 9(34):188–205.
- JOHNSON, R. J. (1995). Factor Analysis of Spatiotemporal and Ethological Measures in the Murine Elevated Plus-Maze Test of Anxiety . *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, Vol. 52, p. 297-303.
- Johansson, J. S. (2001). Sex-specific aggression and antipredator behaviour in young brown trout.
- Lange, C. (1885). *Les émotions*. Presses Universitaires de France.
- Lee, A. M. (2010). The habenula prevents helpless behavior in larval zebrafish. *Current biology*, 20(24), 2211-2216.
- Marco Dadda, A. D. (2010). Early differences in epithalamic left–right asymmetry influence lateralization and personality of adult zebrafish. *Behavioural Brain Research*, 208-215.

- Maximino, C. M. (2010). Scototaxis as anxiety-like behavior in fish. . *Nat Protoc* 5, 209–216 .
- MCCORMICK, M. I. (1998). BEHAVIORALLY INDUCED MATERNAL STRESS IN A FISH INFLUENCES PROGENY QUALITY BY A HORMONAL MECHANISM. *Ecology*, 1873–1883.
- Retorica., A. (2014). *Aristotele. Retorica. Testo greco a fronte. A cura di Fabio Cannavò.* . Milano: Bompiani.
- Salovey, P. &. (1990). Emotional intelligence. Imagination, cognition and personality. 185-211.
- Scherer, K. (2005). What are emotions? And how can they be measured? . *Social Science Information*, 695-729.
- Schwabl, H. (1996). Maternal testosterone in the avian egg enhances postnatal growth. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 271-276.
- Sharon Pellow, S. E. (1986). Anxiolytic and anxiogenic drug effects on exploratory activity in an elevated plus-maze: A novel test of anxiety in the rat. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, p. 525-529.
- Simic, G. &.-B. (2021). Understanding Emotions: Origins and Roles of the Amygdala. *Biomolecules*, 11. 823.
- Susan E. Riechert, A. V. (1993,). A test for correlations among fitness-linked behavioural traits in the spider *Agelenopsis aperta* (Araneae, Agelenidae). *Volume 46, Issue 4*, p. 669-675.
- Umberto, G. (2022). *Il libro delle emozioni.* Milano: La Repubblica.