



AGGRESSIVITÀ E COOPERAZIONE: LEZIONI DAL MONDO ANIMALE

Francesca Petetta, PhD
Grottazzolina, 08.01.2026





AGGRESSIVITÀ ANIMALE

PATRIMONIO GENETICO SIMILE

- Ratto: circa 90%
- Topo: circa 85%



METODO SPERIMENTALE



MODELLI SPERIMENTALI

Un **modello sperimentale** serve a riprodurre, in condizioni controllate, un fenomeno reale allo scopo di comprenderne i meccanismi sottostanti

MODELLI SPERIMENTALI

Controllo delle variabili → viene manipolato un solo fattore alla volta, mantenendo costanti gli altri, per capire in che modo esso influisca sul fenomeno studiato

Riproducibilità → Gli esperimenti devono essere replicabili per verificare l'affidabilità dei risultati

Generalizzabilità → I risultati ottenuti devono essere applicabili ad altri contesti o specie

MODELLI SPERIMENTALI

Nello studio neuroscientifico, solitamente troviamo diversi tipi di modelli sperimentali:

Modelli animali → Utilizzati per studiare meccanismi biologici di base (i principali sono i roditori o, meno frequentemente, i primati)

Modelli umani → Soggetti umani testati con tecniche non invasive (PET, EEG, fMRI, MEG)

Modelli computazionali → Simulazioni basate su algoritmi per testare ipotesi neuroscientifiche

Modelli in vitro/ex vivo → Colture cellulari e sezioni di tessuto cerebrale per studiare le basi neurali dei fenomeni

APPROCCI SPERIMENTALI

Comportamentale → Studia i comportamenti, ovvero le risposte osservabili "dall'esterno"

Cognitivista → Studia i processi cognitivi coinvolti, attraverso test cognitivi e di neuroimaging

Farmacologico → Studia i neurotrasmettitori e l'attività neurale coinvolti, utilizzando farmaci o tecniche di neuromodulazione

Neurofisiologico → Studia l'attività neurale in tempo reale tramite elettrodi

Biomolecolare → Studia i meccanismi molecolari alla base della attività neurale

Genetico/Epigenetico → Studia l'influenza dei geni e delle modifiche epigenetiche nelle funzioni cerebrali

Neuroimaging → Osserva l'attività neurale attraverso tecniche di neuroimmagine (PET, EEG, fMRI, MEG)

Tecniche di manipolazione dell'attività neurale o genetica → Optogenetica, Chemogenetica, CRISPR o knockout genetici

MODELLI ANIMALI

The 3R principles



Replace

An animal experiment is only approved if no suitable alternative method exists, such as computer simulations or cell culture experiments.



Reduce

Only the smallest number of animals necessary for an experiment may be used. A clever study design provides a statistically significant result with a minimum number of animals.



Refine

Housing and experimental conditions are being constantly optimized in order to subject laboratory animals to as little stress as possible. This includes always choosing the most animal-friendly experimental method, promoting non-invasive procedures, and treating any pain the animal may be in.



COMPORTAMENTI AGGRESSIVI FUNZIONALI

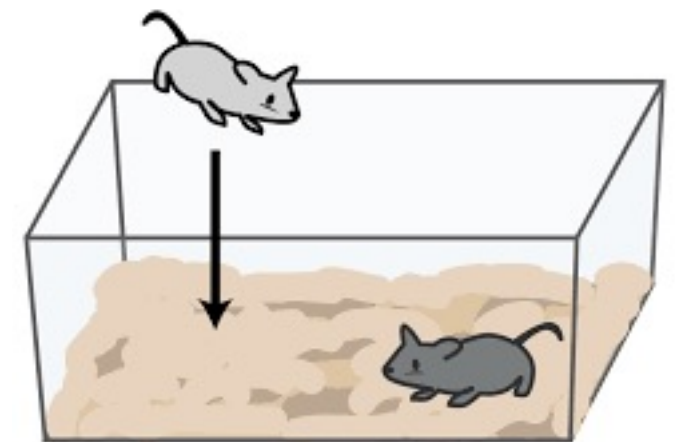
COMPORTAMENTI AGGRESSIVI FUNZIONALI

- **Aggressività per il territorio** (principalmente tra maschi)
- **Aggressività per il dominio** (solitamente di un maschio nei confronti degli altri maschi)
- **Aggressività materna** (comportamento temporaneo orientato alla protezione dei cuccioli)
- **Aggressività femminile** (espressa da femmine per aumentare le opportunità riproduttive)
- **Aggressività indotta dal legame affettivo** (individui monogami nei confronti di individui intrusi)

AGGRESSIVITÀ PER IL TERRITORIO

Il comportamento di un maschio che controlla un «territorio esclusivo». **Un maschio riproduttore residente minaccia e attacca un maschio adulto che invade il territorio.**

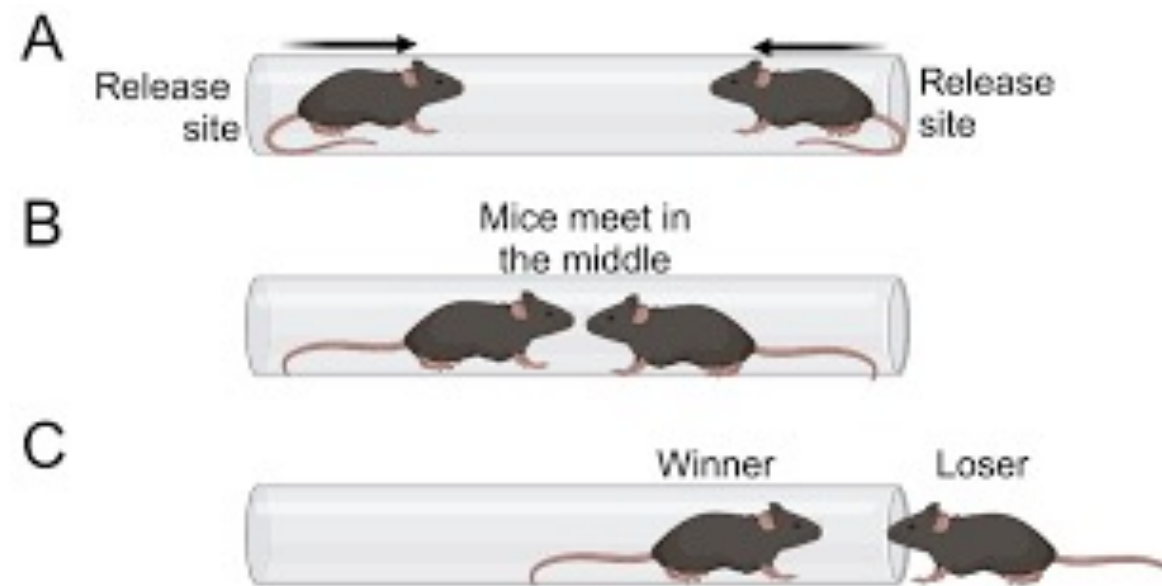
TEST: In laboratorio, il maschio sperimentale (residente) viene alloggiato in coppia con una femmina. Un maschio stimolo (intruso), precedentemente alloggiato in gruppo con altri maschi, viene introdotto nella gabbia del residente. Vengono registrate la **frequenza** e la **durata dei comportamenti aggressivi** (ad es. morsi d'attacco, inseguimento e minaccia) e **dei comportamenti non aggressivi** (ad es. camminare, alzarsi sulle zampe posteriori e auto-toelettatura), così come la **latenza al primo morso**.



AGGRESSIVITÀ PER IL DOMINIO

Il comportamento di un maschio che domina gli altri. Le gerarchie di dominanza sono comuni nei ratti e nei topi allevati in gruppo.

TEST: In laboratorio, un test per valutare questo comportamento nei topi è il *tube test*, nel quale due topi vengono introdotti dalle estremità opposte di un tubo stretto. **Ci si aspetta che il maschio dominante costringa l'avversario ad avanzare e a uscire dal tubo.**



AGGRESSIVITÀ MATERNA

Il comportamento aggressivo espresso dalle femmine poco prima della gestazione, che raggiunge un picco durante la prima settimana dopo il parto e successivamente diminuisce.

TEST: Nella gabbia della madre viene introdotto un intruso, maschio o femmina. Oltre alle variabili osservate per l'aggressività territoriale nel maschio, possono essere rilevati morsi d'attacco diretti verso il muso.

AGGRESSIVITÀ FEMMINILE

Il comportamento aggressivo espresso dalle femmine per competere per le opportunità riproduttive.

TEST: ratti femmina alloggiati in coppia con un maschio riproduttore. **Test residente–intruso utilizzando come intrusa una femmina sessualmente matura.** Nel criceto, le femmine mostrano un comportamento territoriale simile a quello maschile sia nei confronti di intrusi maschi sia femmine.

AGGRESSIVITÀ INDOTTA DAL LEGAME AFFETTIVO

Le arvicole delle praterie monogame mostrano un comportamento aggressivo esclusivo nei confronti degli intrusi una volta che hanno formato un legame di coppia con una femmina.

TEST: Entro 24 ore dall'accoppiamento con una femmina, il maschio di arvicola delle praterie attacca intrusi conspecifici di entrambi i sessi e manifesta comportamenti affiliativi esclusivamente nei confronti della propria partner.



COMPORTAMENTI AGGRESSIVI DISFUNZIONALI

COMPORTAMENTI AGGRESSIVI FUNZIONALI

Accanto a questi comportamenti, gli scienziati notano che ci sono forme di aggressività causate da condizioni cliniche particolari e che quindi potremmo definire **disfunzionali**. Tra queste troviamo ad esempio l'**aggressività derivante da stati di coscienza alterati** (es. a causa di sostanze di abuso), **da isolamento sociale, dall'esposizione a steroidi etc.**

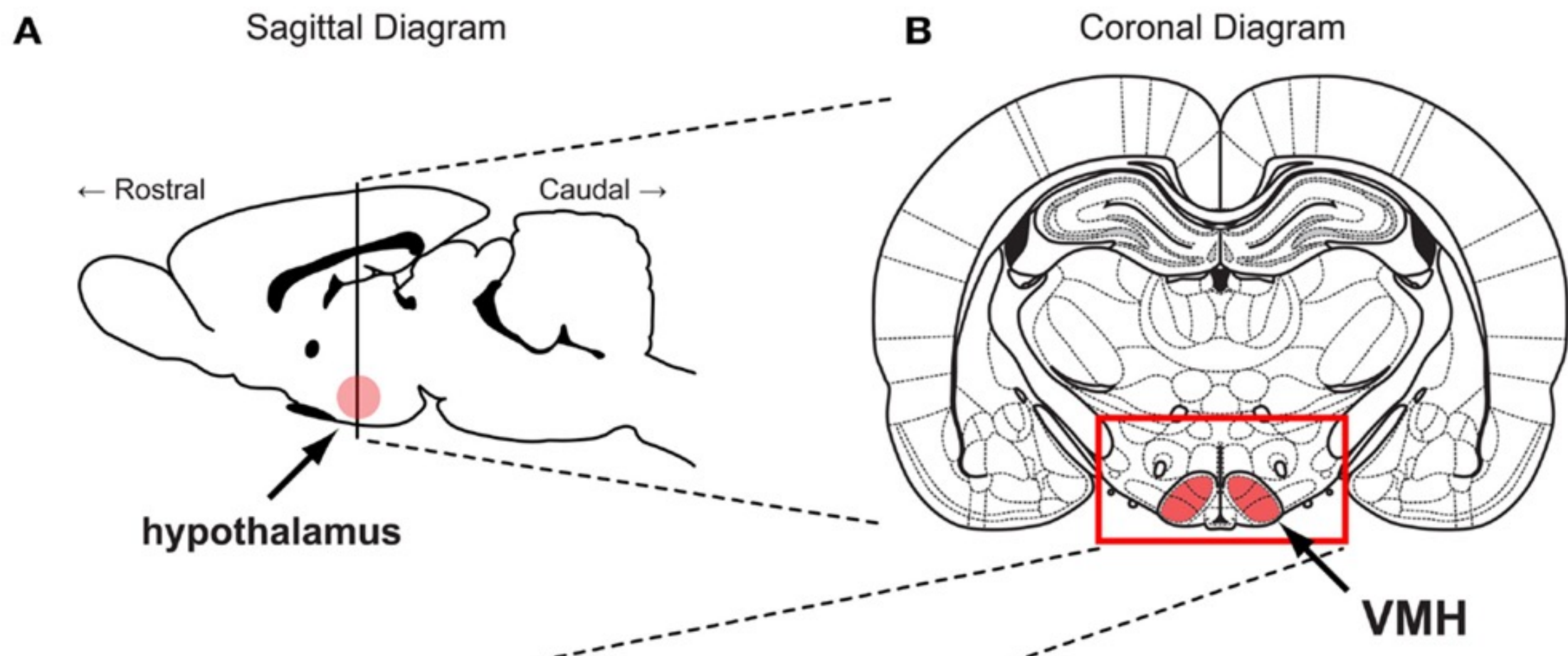
Nei modelli animali si riesce bene a distinguere le due forme di aggressività, perché **la prima ha precisi scopi adattivi e comunicativi, mentre la seconda no.**



BASI NEUROBIOLOGICHE DELL'AGGRESSIVITÀ ANIMALE

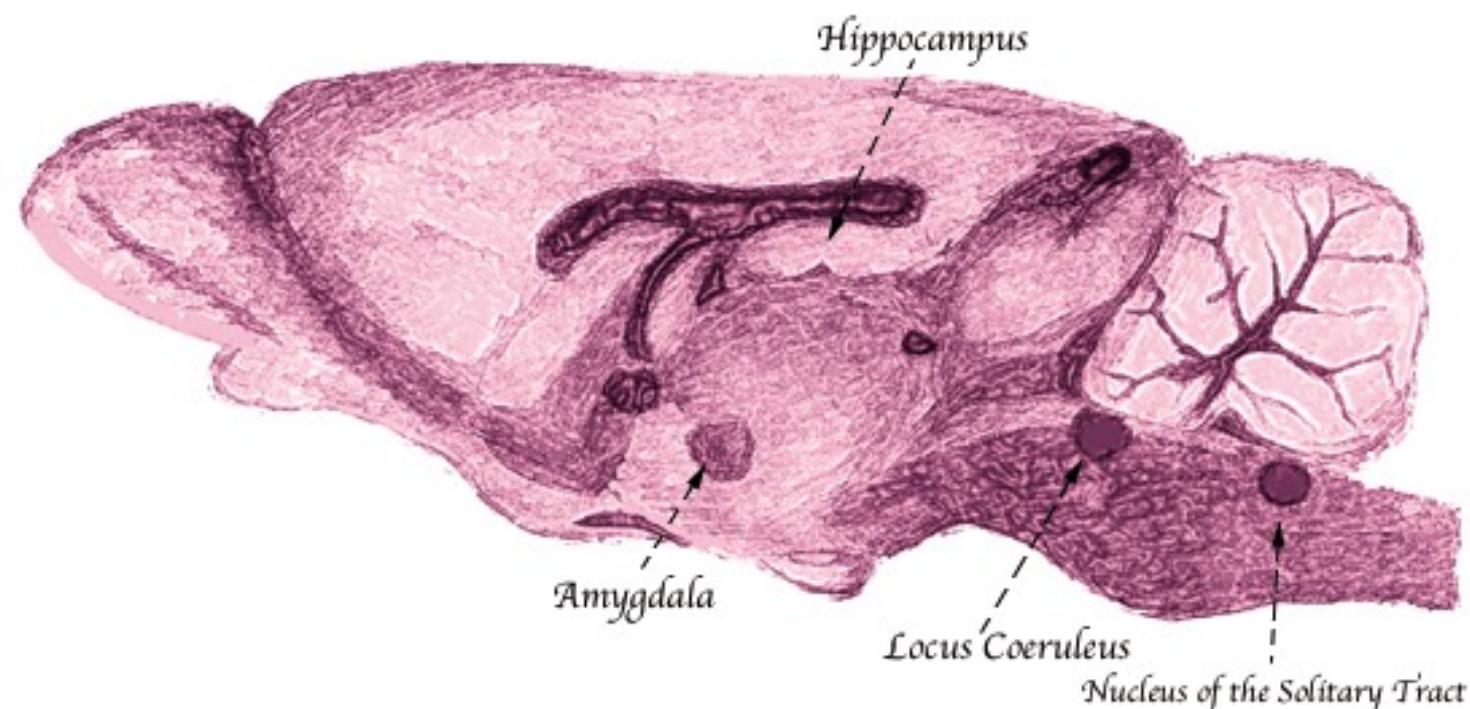
BASI NEUROBIOLOGICHE: PRINCIPALI AREE CEREBRALI

- **IOTALAMO:** è una struttura chiave nella regolazione del comportamento aggressivo, soprattutto nelle sue forme innate, difensive e territoriali. Dal punto di vista evolutivo, **l'ipotalamo** funge da snodo tra segnali interni (ormonali, omeostatici) e risposte comportamentali adattive.



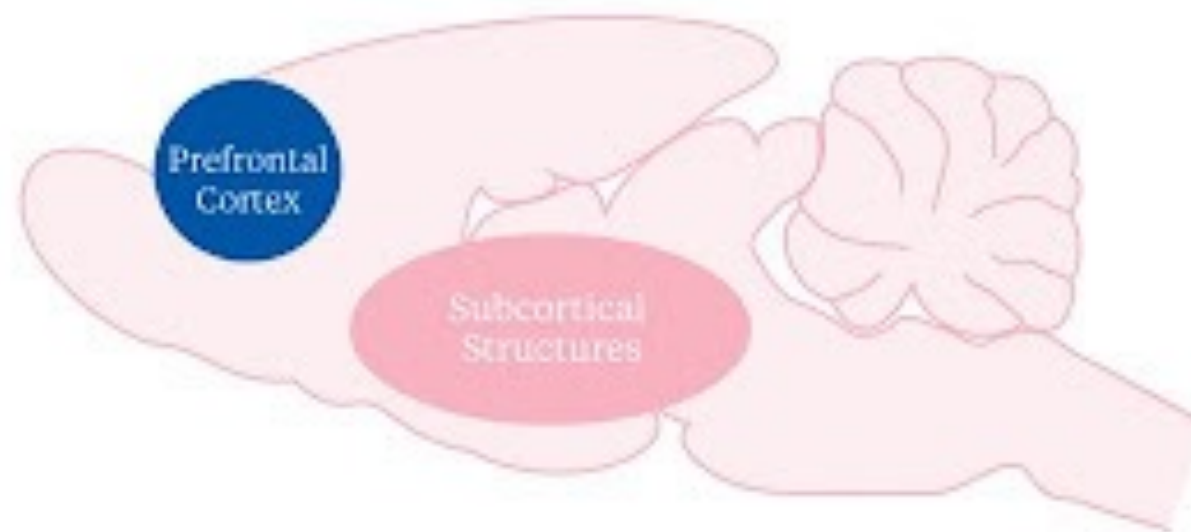
BASI NEUROBIOLOGICHE: PRINCIPALI AREE CEREBRALI

- **SISTEMA LIMBICO:** L'ipotalamo non agisce isolatamente, ma riceve input dalle aree del sistema limbico, quali ad esempio l'**AMIGDALA**. Nei ratti, l'amigdala svolge un ruolo cruciale nella **valutazione della minaccia**, nella **regolazione delle emozioni sociali** e nella **modulazione del comportamento aggressivo**. Non è un "centro dell'aggressività" in senso stretto, ma una **struttura che attribuisce significato emotivo agli stimoli** e **contribuisce a orientare la risposta comportamentale**.



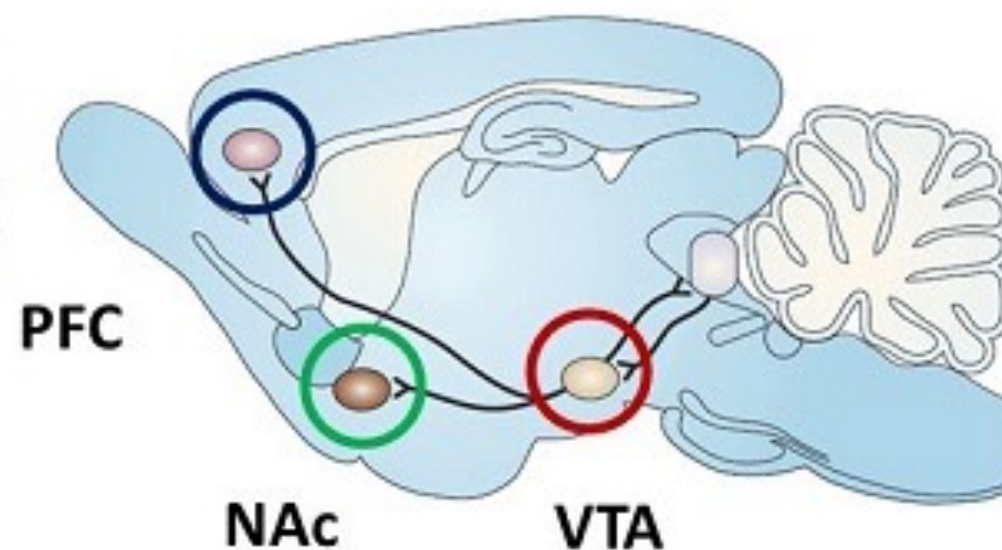
BASI NEUROBIOLOGICHE: PRINCIPALI AREE CEREBRALI

- **CORTECCIA PREFRONTALE:** la corteccia prefrontale (PFC) non è la sede primaria dell'aggressività, ma svolge un ruolo cruciale di **controllo, modulazione e inibizione dei comportamenti aggressivi** (funzione **top-down**). In termini funzionali, rappresenta un livello di **regolazione "superiore" rispetto ai circuiti più antichi (amigdala–ipotalamo)**. Quando questo controllo è compromesso, l'aggressività tende ad aumentare e a diventare impulsiva.



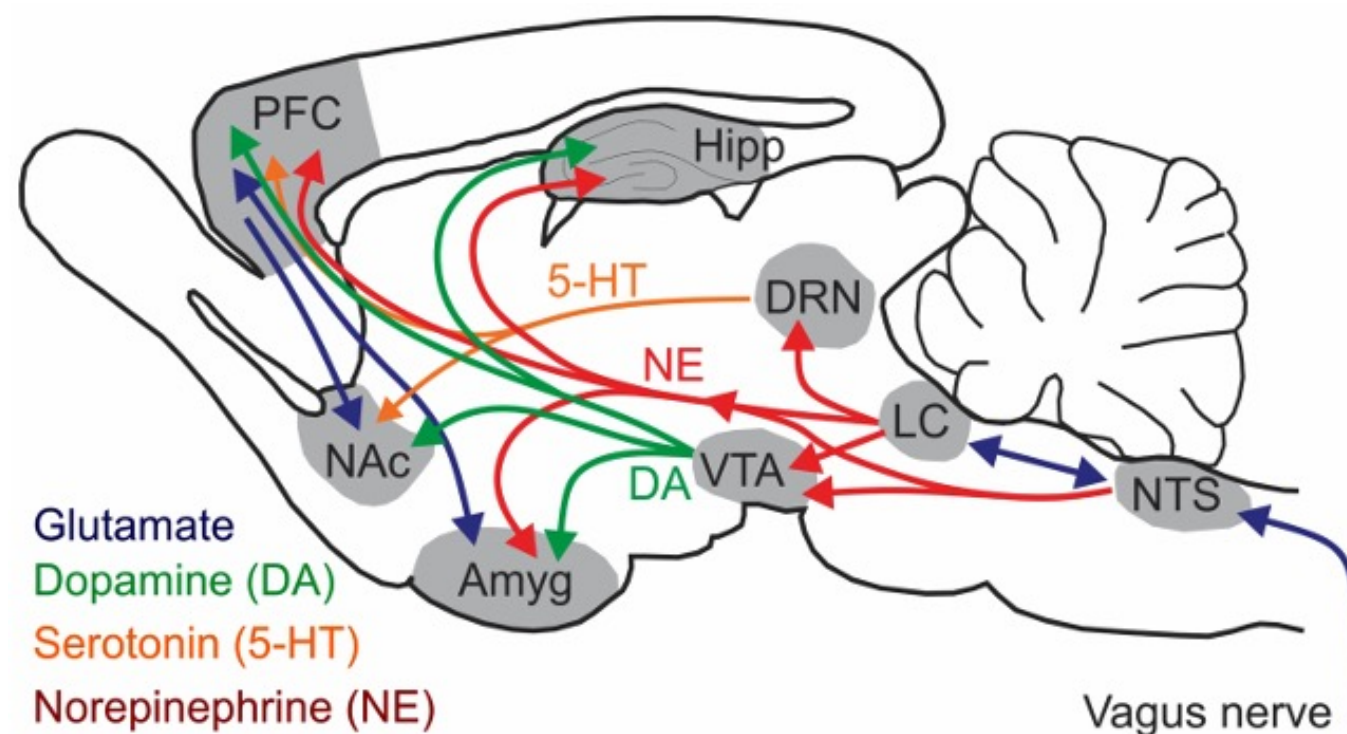
BASI NEUROBIOLOGICHE: PRINCIPALI AREE CEREBRALI

- **NUCLEO ACCUMBENS:** fa parte del **sistema della motivazione** e riceve segnali dopaminergici dall'area tegmentale ventrale (VTA). In questo circuito, la **dopamina segnala il valore motivazionale di un'azione** e può rendere rinforzante anche il comportamento aggressivo.



BASI NEUROBIOLOGICHE: PRINCIPALI AREE CEREBRALI

- **NUCLEO DEL RAFFA DORSALE (DRN):** è una struttura chiave perché è la **principale fonte di serotonina nel cervello**. La serotonina ha, in generale, un ruolo di freno e regolazione dell'aggressività.



BASI NEUROBIOLOGICHE: PRINCIPALI NEUROTRASMETTITORI

Per capire come queste aree funzionano insieme, è necessario considerare anche i **neurotrasmettitori** che ne modulano l'attività. I principali sono:

- **Serotonina** → contribuisce al **controllo** e all'**inibizione** dell'aggressività
- **Dopamina** → segnala il **valore motivazionale** delle azioni e può renderle rinforzanti
- **Glutammato** → principale sistema di **attivazione** dei circuiti
- **GABA** → principale sistema di **inibizione** e **regolazione**
- **Vasopressina** → coinvolta nell'**aggressività territoriale e difensiva**
- **Ossitocina** → modula i **comportamenti sociali e affiliativi**, riducendo l'aggressività in alcuni contesti

BASI NEUROBIOLOGICHE: FATTORI GENETICI

Accanto alle aree cerebrali e ai neurotrasmettitori, è importante considerare anche i **fattori genetici**: varianti di specifici geni possono influenzare come questi circuiti si sviluppano e funzionano.

Recenti studi su umani e animali identificano dozzine di geni correlati all'aggressività, molti dei quali partecipano allo sviluppo e alla funzione del sistema nervoso.

Uno tra questi è il **gene MAOA**, che fornisce le istruzioni per produrre un enzima che serve a **regolare i livelli di alcuni neurotrasmettitori, in particolare serotonina e dopamina**. Di questo gene esistono diverse varianti. Se associata a esperienze di stress precoce (abuso, trascuratezza, forte stress), la **variante a bassa attività** (nella quale l'enzima lavora meno) può essere collegata a **minore controllo delle emozioni, maggiore impulsività, maggiore probabilità di risposte aggressive** (Kolla NJ et al., 2020).

BASI NEUROBIOLOGICHE: FATTORI EPIGENETICI

La genetica da sola non spiega né determina interamente il comportamento. Esistono anche altri fattori che contribuiscono in modo decisivo alla modulazione dell'aggressività. Questi fattori sono definiti **epigenetici**.

L'epigenetica studia il modo in cui fattori ambientali, esperienze e stili di vita **modificano l'espressione dei geni**, senza modificare i geni stessi.

Stress precoce, traumi, isolamento, esperienze ripetute di aggressività possono lasciare “tracce biologiche” durature nel cervello, nelle aree che abbiamo osservato. In modelli animali, **cambiamenti epigenetici sono associati a maggiore reattività emotiva, minore controllo dell'impulsività, maggiore propensione all'aggressività.**



COMPORTAMENTI SIMIL-EMPATICI

COMPORTAMENTI SIMIL-EMPATICI

IMITAZIONE

CONTAGIO
EMOTIVO

EMPATIA PER IL
DOLORE

EMPATIA

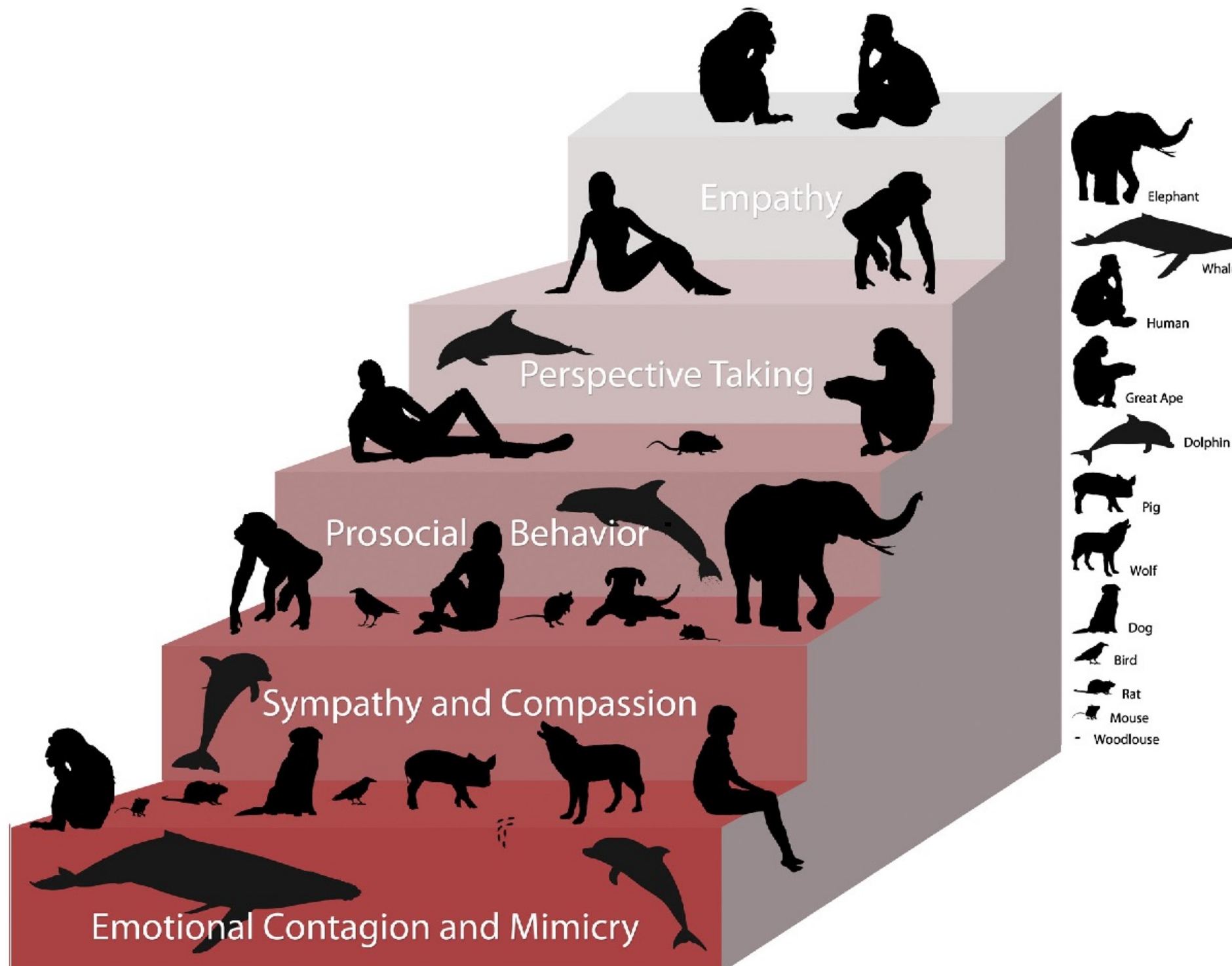
RICONOSCIMENTO
EMOTIVO

PERSPECTIVE
TAKING

COMPORTAMENTO
PROSOCIALE

TEORIA DELLA
MENTE

COMPORTAMENTI CONDIVISI

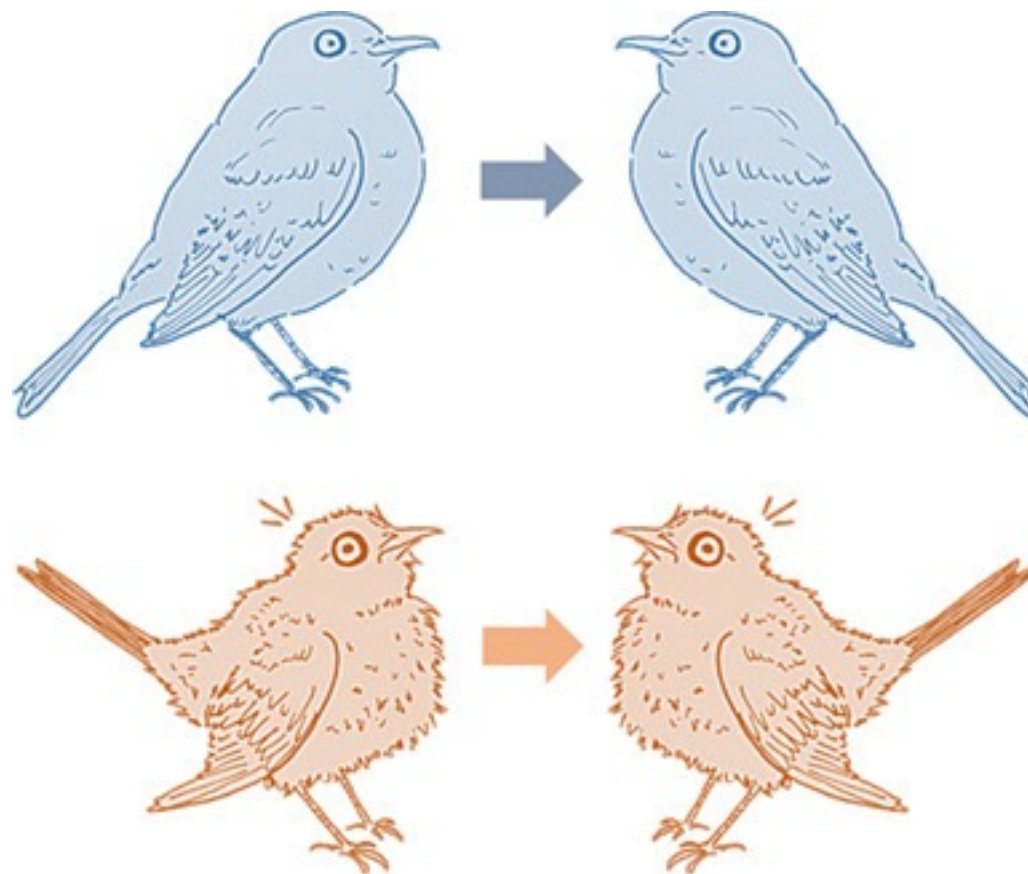


COMPORTAMENTI CONDIVISI

	Behaviour	Definition	Mechanisms	Non-human species	
a		Mirroring	Rapid face matching and movement mapping	Motor mimicry	• Chimpanzees • Orangutans • Gelada baboons • Macaques
b		Yawn contagion	Yawning in response to another's yawns	Motor mimicry	• Chimpanzees • Macaques • Canines • Budgerigars
c		State matching	Sharing the emotional state of another	Emotional contagion	• Mice • Voles • Chickens
d		Consolation	Comforting a distressed party	Empathic concern that is based on emotional contagion and requires self-regulation	• Chimpanzees • Bonobos • Macaques • Canines • Elephants • Voles • Mice • Rooks
e		Learned helping	Liberating another or relieving its pain	Aiding that is motivated by emotional contagion, and requires self-regulation and trial-and-error learning	• Macaques • Rats
f		Targeted helping	Help adapted to the specific need or situation of another	Aiding that is motivated by emotional contagion, and requires self-regulation and perspective-taking	• Apes • Capuchin monkeys • Dolphins • Elephants

CONTAGIO EMOTIVO

Il contagio emotivo è definito come il **rispecchiamento automatico dello stato emotivo di un individuo in un altro**. È considerato la **forma più basilare di empatia**, perché non richiede processi cognitivi complessi, ma implica cambiamenti comportamentali, fisiologici e neurobiologici.



CONTAGIO EMOTIVO

Il contagio emotivo ha importanti funzioni adattive: permette una **rapida risposta al pericolo** (es. diffusione della paura), **favorisce la coesione sociale**, **sostiene la cura parentale**, può costituire la **base di comportamenti prosociali** più complessi.

Può essere influenzato da vari fattori quali esperienze pregresse, stress, familiarità, sesso...

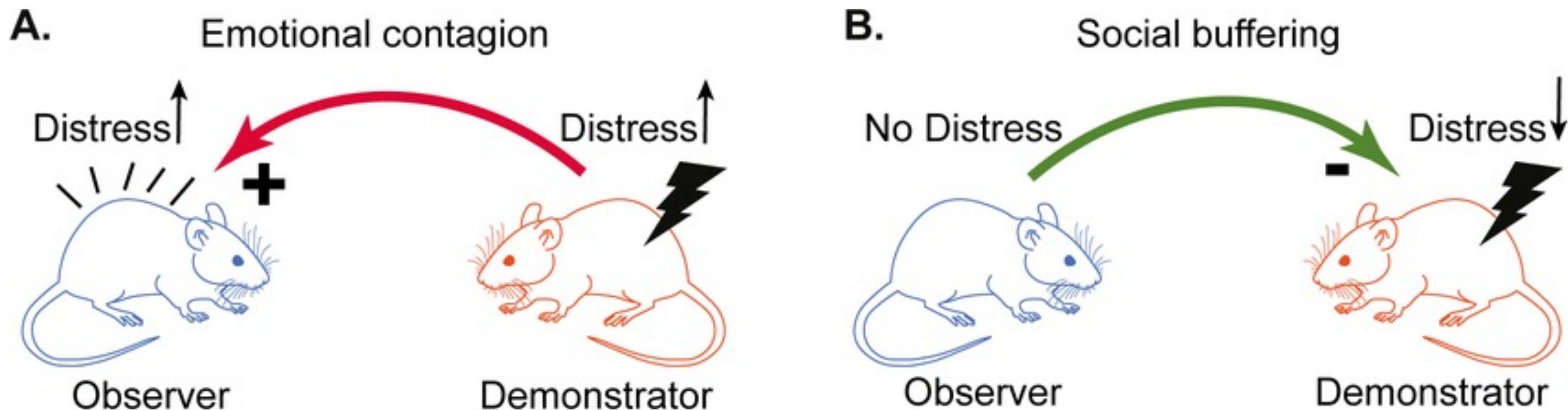
CONTAGIO EMOTIVO

Si differenzia da meccanismi imitativi, in quanto questi ultimi prevedono il copiare il comportamento altrui. Il contagio emotivo, invece, prevede **l'entrare in uno stato emotivo simile a quello altrui**.

Le risposte dell'osservatore non sono semplici copie; sono flessibili e contestuali (se può scappare, scappa; se non può, congela); possono durare più a lungo del comportamento osservato.

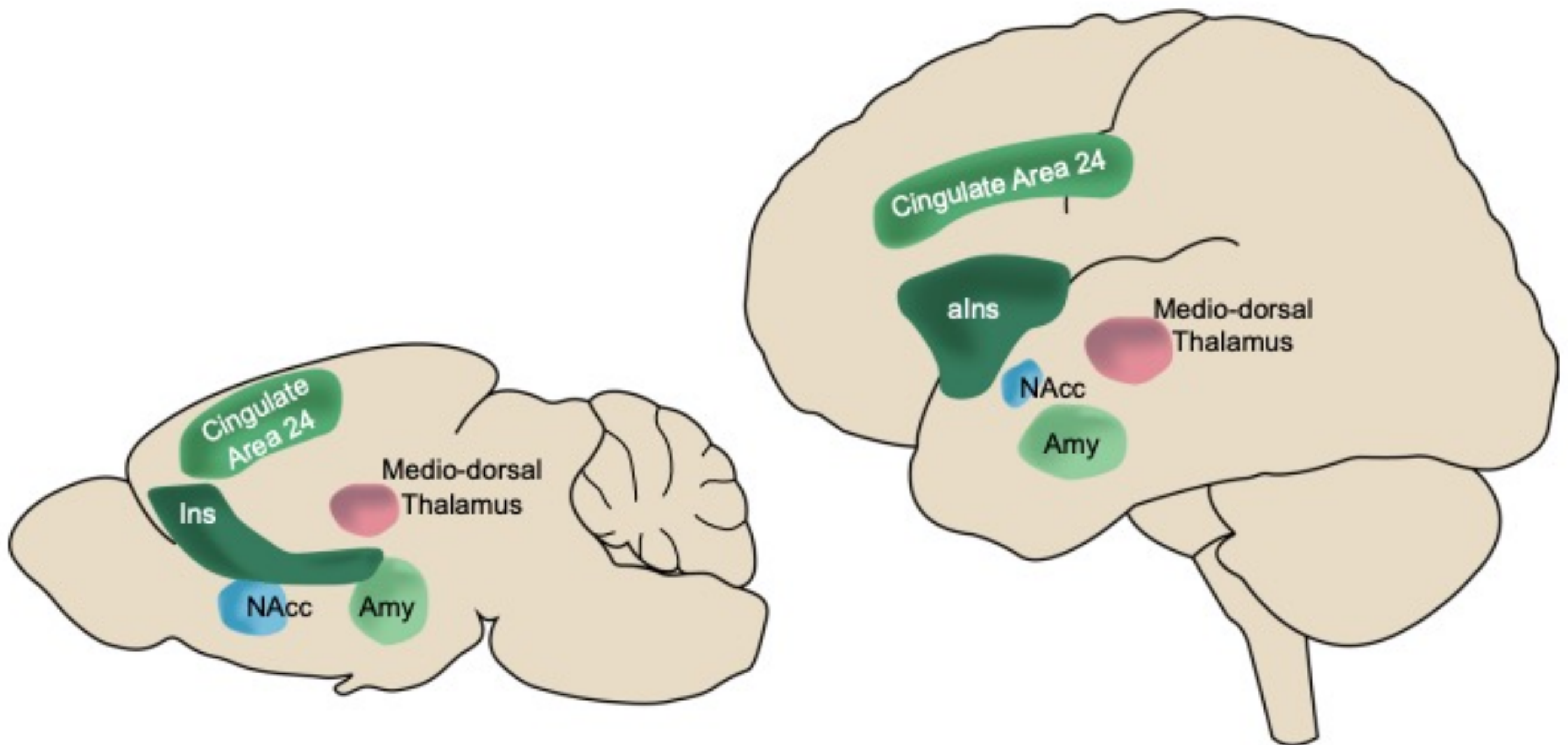
Il cervello dell'osservatore, infatti, **ricostruisce uno stato emotivo**, non un gesto.

CONTAGIO EMOTIVO



BASI NEUROBIOLOGICHE: PRINCIPALI AREE CEREBRALI

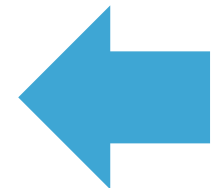
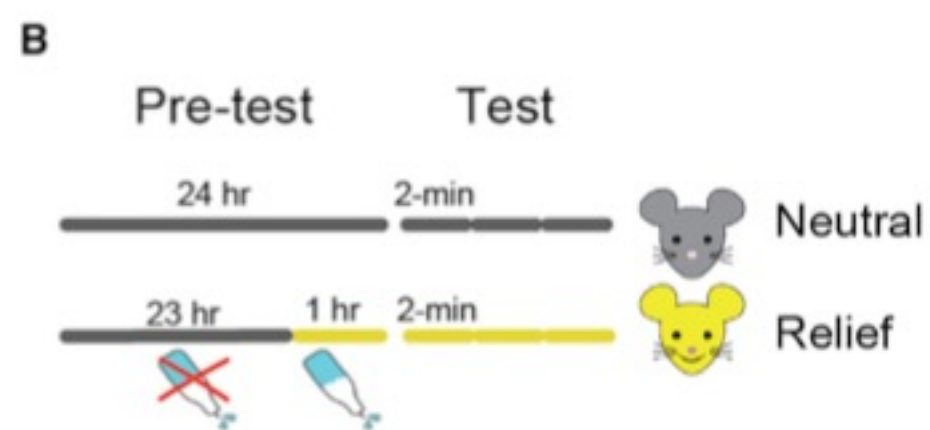
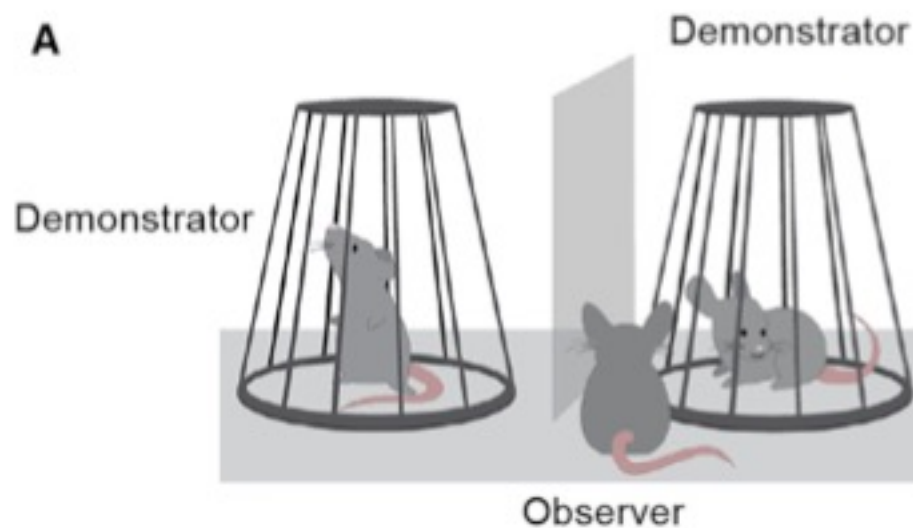
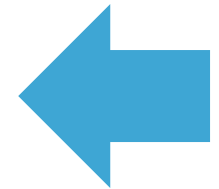
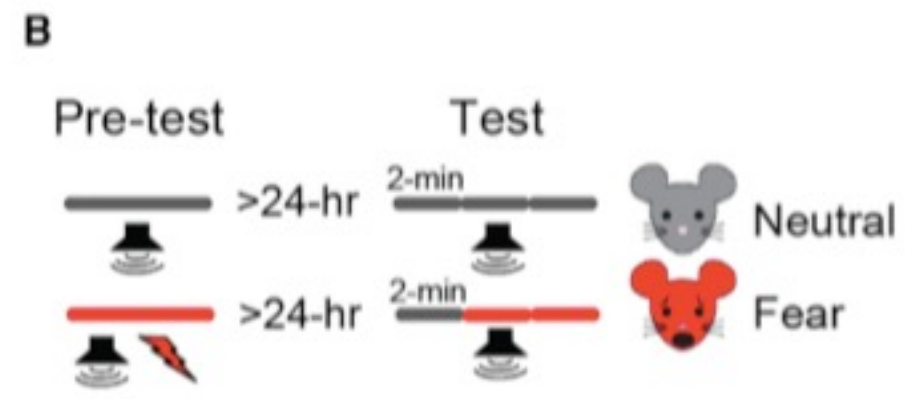
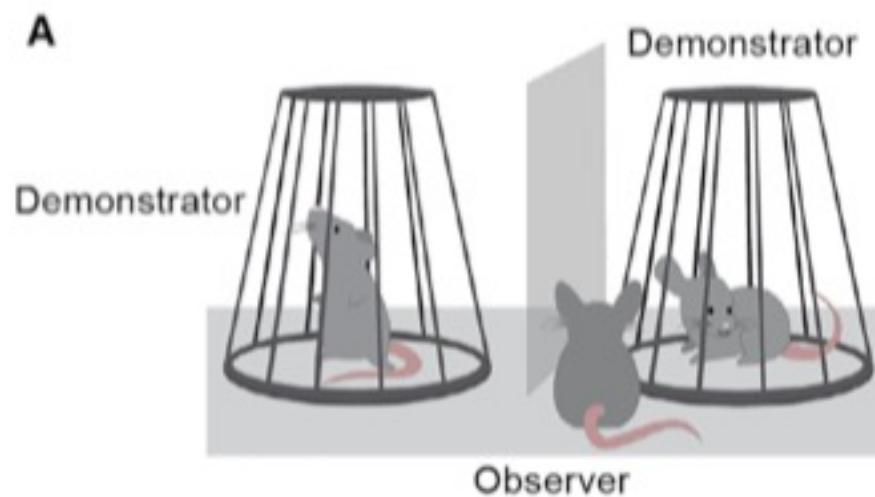
Strutture cerebrali simili associate all'osservazione del distress altrui negli esseri umani e nei roditori.



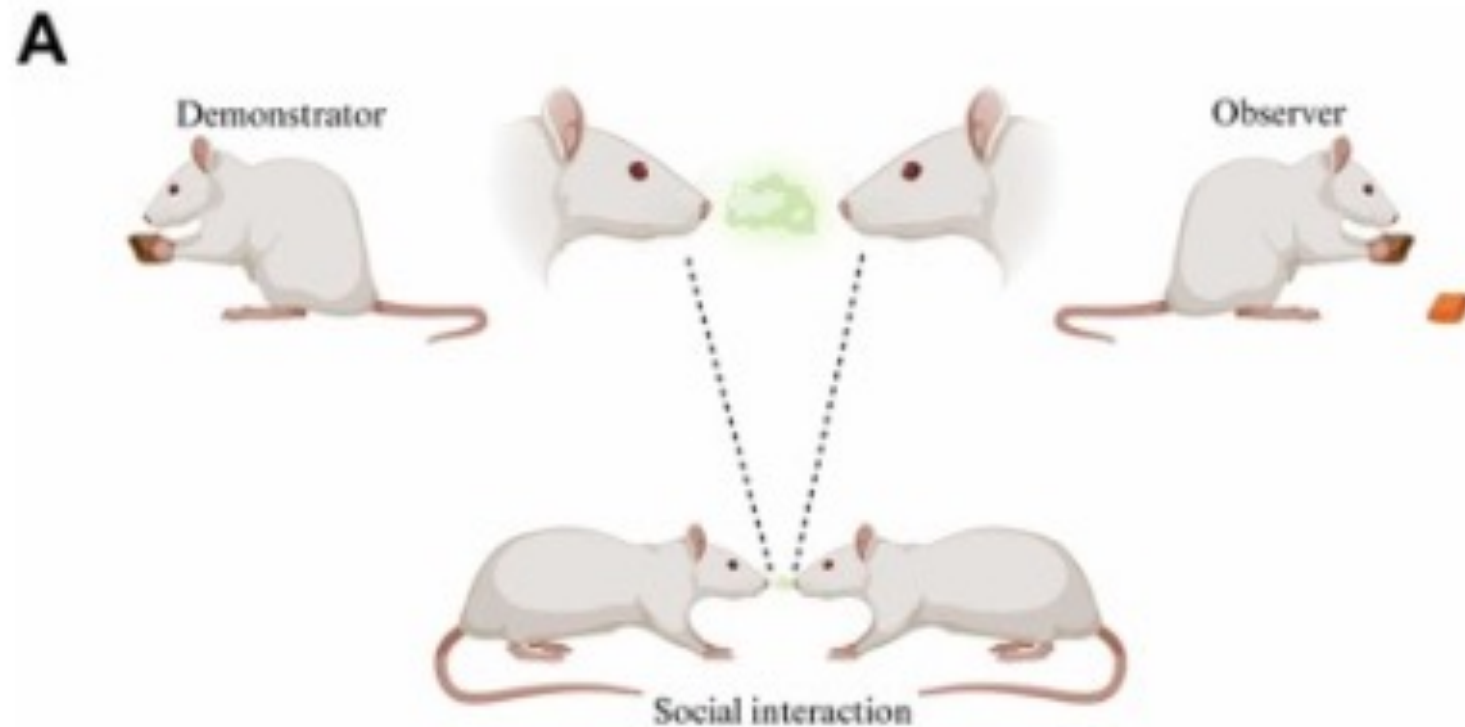
RICONOSCIMENTO EMOTIVO

Il riconoscimento emotivo rappresenta la **capacità di codificare un insieme di stimoli sensoriali** che forniscono informazioni sullo **stato emotivo di un altro individuo**.

RICONOSCIMENTO EMOTIVO

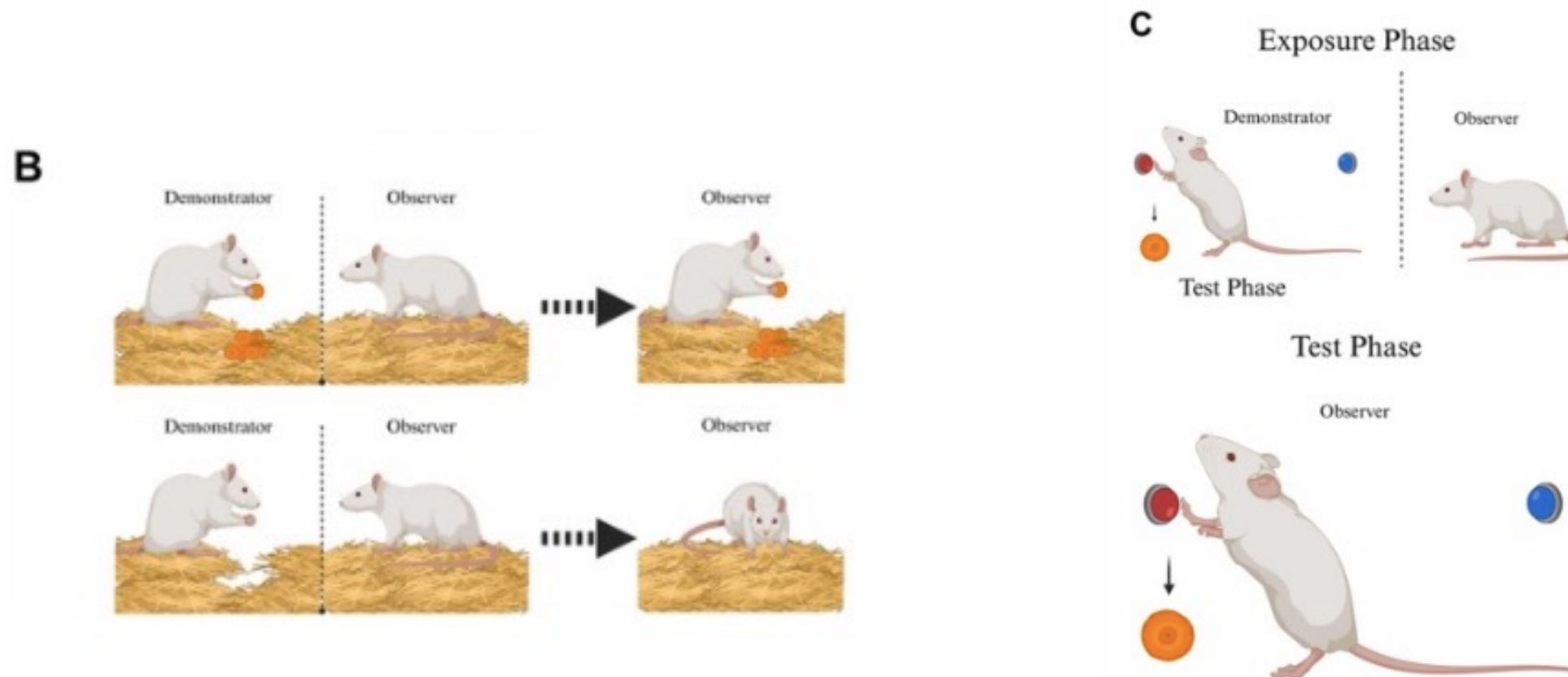


APPRENDIMENTO SOCIALE



Il **Social Transfer of Food Preference (STFP)** è un modello nel quale un animale annusa l'alito di un conspecifico che ha appena mangiato un cibo completamente nuovo. L'animale osservatore svilupperà una preferenza per questo cibo anche se non l'ha mai assaggiato.

APPRENDIMENTO SOCIALE

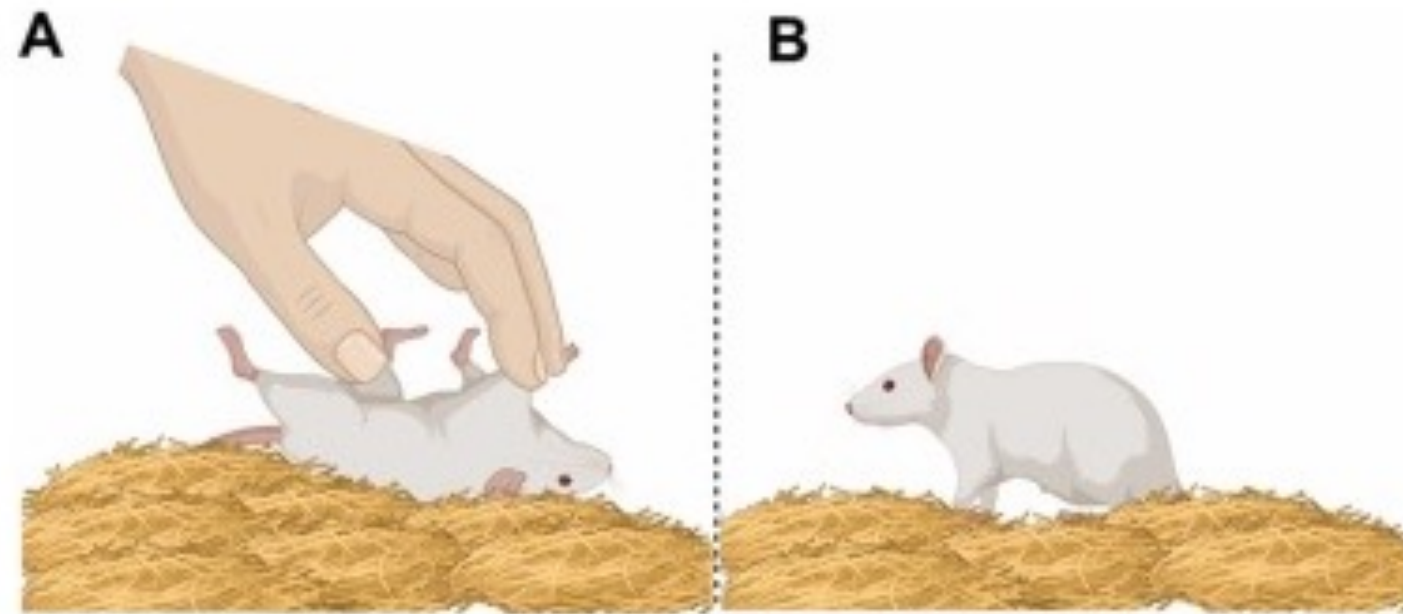


Modelli come il **Foraging Efficiency** o il **Two Action Method** dimostrano che osservare dei conspecifici compiere delle azioni per ottenere del cibo facilita l'apprendimento di quelle azioni da parte dell'osservatore. Questo apprendimento avviene solo se l'animale *demonstrator* effettivamente ottiene una ricompensa, quindi sperimenta uno stato emotivo positivo.

APPRENDIMENTO SOCIALE

L'apprendimento solitamente richiede un'esperienza diretta (Pavlov e Anrep, 1927; Rescorla, 1988). Questo, tuttavia, comporta un costo per chi apprende, poiché si espone al mondo esterno e alla possibilità di mettersi in pericolo. **Riconoscere le risposte emotive degli altri** di fronte a esperienze legate ad esempio al cibo consente agli osservatori passivi di **trarre vantaggio dall'attività senza esporsi ai rischi**.

CONTAGIO DEL SOLLETICO



Un ratto viene inizialmente posto da solo in una "tickle box" per abituarsi al solletico. Successivamente, viene introdotto un altro ratto, che viene solleticato mentre il primo ratto osserva. Il ratto osservatore mostra comportamenti uguali a quelli che avrebbe se fosse effettivamente solleticato (vocalizzazioni ultrasoniche a 50 kHz e altri comportamenti legati alla risposta al solletico).

TEORIA DELLA MENTE

La **teoria della mente** (Theory of Mind, ToM) è la **capacità di attribuire ad altri degli stati mentali**, come desideri e credenze, ed è centrale per la vita sociale umana (Premack & Woodruff, 1978).

Per molto tempo si è pensato che fosse esclusiva dell'essere umano, ma negli ultimi decenni numerosi studi comparativi hanno mostrato che alcune componenti della ToM sono presenti anche in altre specie.

TEORIA DELLA MENTE

Primati (scimmie antropomorfe)

- **Attribuzione di intenzioni e obiettivi**

Gli scimpanzé distinguono tra azioni **intenzionali** e **accidentali** e aiutano un altro individuo a raggiungere un obiettivo mancato quando capiscono che quell'obiettivo è intenzionale.

- **Prospettiva percettiva**

Tengono conto di **ciò che un altro può o non può vedere** (ad esempio, scelgono più spesso il cibo che l'altro non può vedere).

- **Credenze false (forme iniziali)**

Studi recenti con eye-tracking mostrano che grandi scimmie anticipano il comportamento di un individuo sulla base di **ciò che lui crede**, anche quando la credenza è falsa.

TEORIA DELLA MENTE

Corvidi (ghiandaie, corvi)

- **Attribuzione dei desideri**

Le ghiandaie maschio modulano il cibo che offrono alla partner **in base a ciò che la femmina desidera** (e non in base ai propri gusti).

- **Prospettiva dell'altro**

Alcuni uccelli nascondono il cibo in modo diverso se sanno di essere osservati da un potenziale ladro.

TEORIA DELLA MENTE

Cani

- **Sensibilità alla conoscenza dell'altro**

Seguono più spesso le indicazioni di un **umano che sa dove si trova il cibo** rispetto a uno che non lo sa.

- **Prospettiva visiva**

Tendono a rubare cibo **quando l'umano non può vederli**.

TEORIA DELLA MENTE

Non sappiamo se questi animali abbiano la capacità di rappresentare credenze come fanno gli esseri umani o se utilizzino strategie più semplici, basate su esperienza e segnali comportamentali.

Le forme più complesse di ToM (es. credenze false astratte, meta-rappresentazioni) restano probabilmente specifiche – o comunque più sviluppate – nell'umano.

COMPORTAMENTO PROSOCIALE

A rat learning to open the restrainer

across 12 days of testing,

A rat is placed with a trapped cagemate.

The rat does not know how to open the door on day 1.

On day 5 he opens the door for the first time.

By day 12, the rat is an expert opener.

**GRAZIE
PER L'ATTENZIONE!**

