



INTELLIGENZA GENERALE

- Riprendiamo l'indice di encefalizzazione $E/P^{2/3}$: correla con le effettive misure comportamentali dell'intelligenza?
- Velocità di apprendimento, una misura ragionevole
- Angermeier, 1984: valuta il numero di rinforzi necessari affinché diverse specie apprendano una semplice risposta
 - Mammiferi premono leva
 - Uccelli beccano pulsante
 - Pesci spingono bastoncino
 - Bambini voltano il capo
 - Api discriminano colore



INTELLIGENZA GENERALE

graduatoria	specie	numero di rinforzi
1	Ape	2
2	Carpa	4
3	Quaglia	8
4	Colombo	10
5	Gallina	18
6	Ratto	22
7	Procione	24
8	Coniglio	24
9	Bambino	28

Adattare la procedura è un grosso problema:

- facile premere leva per cibo, difficile per evitare il buio
- eguagliare le variabili contestuali (percettive, motivazionali e motorie)



INTELLIGENZA GENERALE

- Allora...tutti i vertebrati hanno la stessa identica intelligenza (Macphail) ?
 - Se sei guarda solo ad apprendimento associativo e non associativo, sembra abbastanza plausibile
- MA queste forme di apprendimento non esauriscono tutte le forme di apprendimento
- Basta osservare le specie nel loro ambiente naturale
 - Differenze esistono
 - Ma non ha senso confrontare prestazioni tanto diverse
- L'intelligenza non è una capacità unitaria!
- Studiare comparativamente le specie non serve a fare graduatorie



SIMBOLI DI STUPIDITA'

- Quando fu scoperta l'isola di Mauritius (1500)
 - i Dodo non avevano paura dell'uomo
 - diffusione di specie aliene
 - estinzione in un centinaio d'anni
- Un caso di gigantismo insulare
 - Da simbolo di obsolescenza, stranezza, stupidità e estinzione
 - A uso in Alice nel paese delle meraviglie fino a L'era glaciale





SIMBOLI DI STUPIDITA'

- Mediante tomografia computerizzata
- La taglia del cervello rispetto alle dimensioni del corpo del Dodo (*Raphus cucullatus*) è pari a quella del colombo (il più vicino parente vivente)
- I bulbi olfattivi del Dodo come quelli del solitario di Rodriguez sono particolarmente sviluppati rispetto allo sviluppato senso della vista degli altri uccelli
- Il dotto semicicolare, nell'orecchio interno, riporta una curvatura inusuale

Eugenia et al., 2016



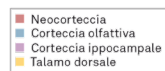
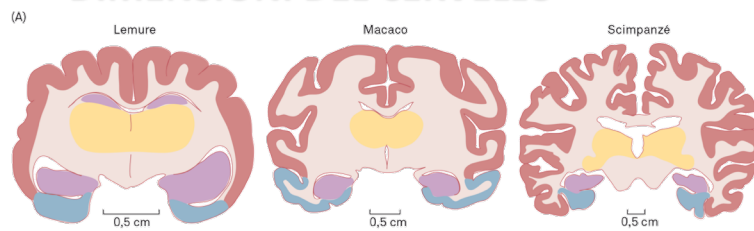
DIMENSIONI DEL CERVELLO

- non sorprende che un animale grande abbia anche un cervello grande
 - ma è energeticamente costoso!
- l'idea di fondo è che i cervelli di tutti i mammiferi siano fatti allo stesso modo, con un numero di neuroni proporzionale alla dimensione del cervello

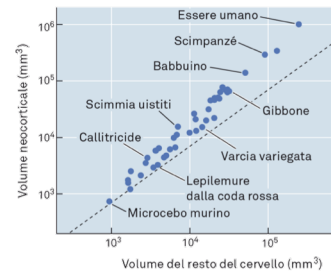
DIMENSIONI DEL CERVELLO

- È dibattuto anche se:
 - cambiamenti nel rapporto tra dimensione del cervello e dimensione del corpo siano associati a cambiamenti nella struttura del cervello (piuttosto o oltre che nella dimensione)

DIMENSIONI DEL CERVELLO



(B) Neocorteccia rispetto al resto del cervello



EVC

- Sistemi neurali specializzati per specifiche funzioni
 - Dover codificare una certa classe di stimoli, comporta una specializzazione strutturale
- Le specie che fanno incetta di cibo
 - Ricordano migliaia di coordinate spaziali (senza una mappa e una matita!)
 - Ipertrofia ippocampale
 - Abilità superiore in compiti di tipo spaziale (trovare ricompensa sulla base della posizione e non del colore dei contenitori)

EVC

spazio al
linguaggio!

- La memoria eidetica
 - Scimpanzé Ai e Ayumo (poi tanti altri)
 - Per apprendere, imparano la differenza tra n e $n+1$ poi $n+2$, etc, e il n° di prove è il medesimo ad ogni nuova aggiunta, senza generalizzazione
 - Compito strumentale solo per scoprire la loro straordinaria memoria eidetica (e di lavoro)
 - Prestazione superiore
 - nei cuccioli (anche negli infanti umani)
 - anche a fronte di comparabile addestramento dei partecipanti umani

INTELLIGENZA

- in realtà più che il volume complessivo del cervello forse sono rilevanti le aree di specializzazione e il pattern di connessione delle diverse parti del cervello
 - Se guardiamo alle specializzazioni adattative di una specie, alle abilità che ha sviluppato in relazione alla sua nicchia, allora la definizione di cosa sia intelligente varia enormemente

DIMENSIONI DEL CERVELLO

• MAMMIFERI



- galagone
- 10gr
- 936 milioni di neuroni

- ratto
- 1.80gr
- 200 milioni di neuroni



• SPECIE AVIARIE

- cacatua
- 10gr
- 2122 milioni di neuroni
- storno
- 1.80gr
- 483 milioni di neuroni





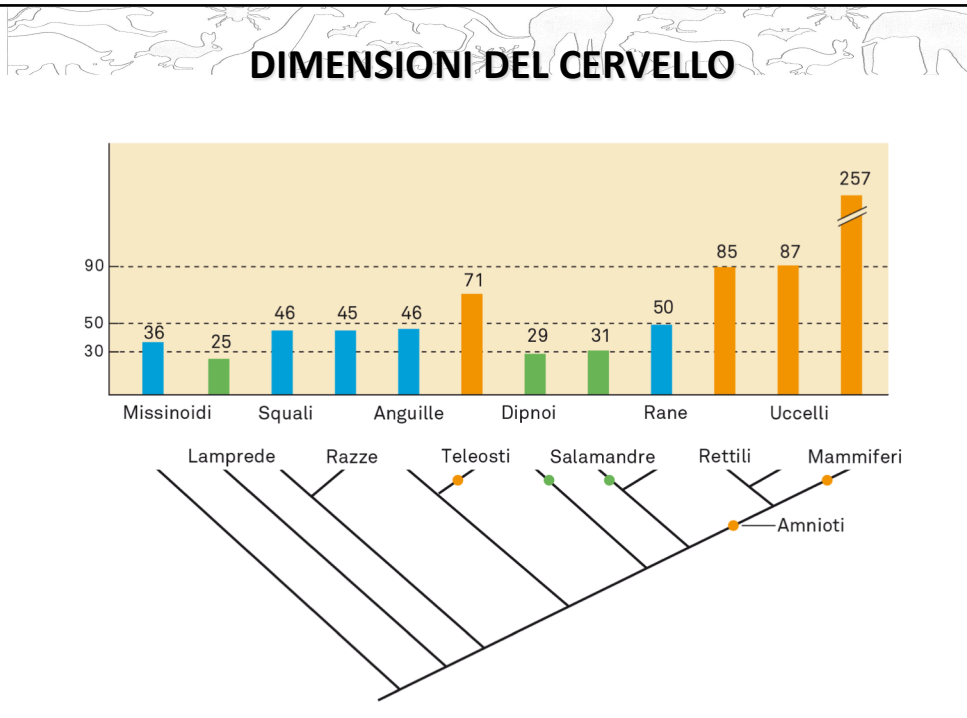
DIMENSIONI DEL CERVELLO

- la densità dei neuroni nei piccoli cervelli degli uccelli è paragonabile o più spesso addirittura superiore a quella delle scimmie
- una possibile soluzione neurale diversa
 - e si pensi anche all'organizzazione del SN in invertebrati come le api



DIMENSIONI DEL CERVELLO

- Oltre a cambiamenti nella
 - Dimensione totale
 - Dimensione relativa
 - Complessità di alcune strutture
- Complessità dei circuiti neurali
 - Aumentata durante la filogenesi: all'aumento del rapporto peso cervello/peso corpo è aumentata la complessità del prosencefalo

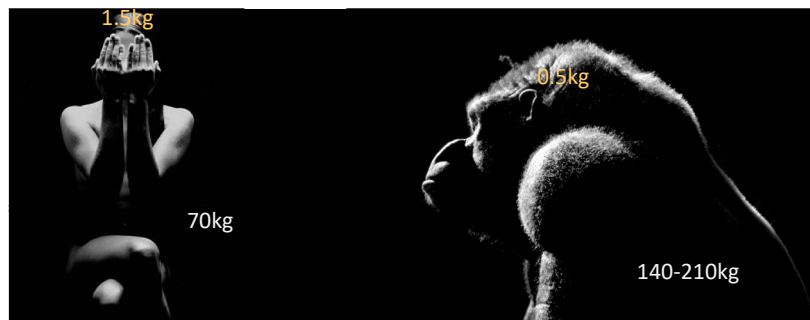


EVOLUZIONE

- Cosa c'è di speciale nel cervello umano?
 - [...] perché siamo noi a studiare le altre specie e non sono loro a studiare noi? [...]
Suzana Herculano-Houzel
- L'idea di fondo è che i cervelli di tutti i mammiferi siano fatti allo stesso modo, con un numero di neuroni proporzionale alla dimensione del cervello

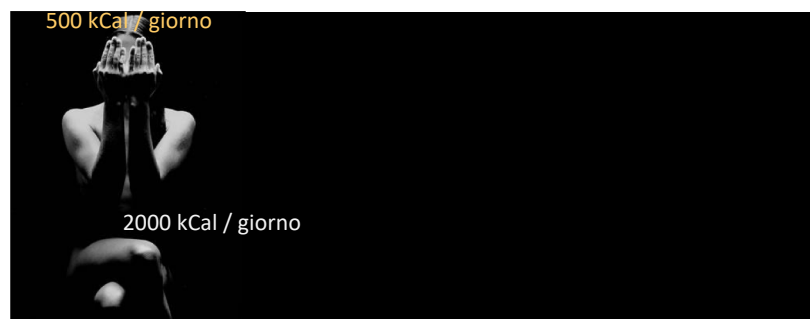
EVOLUZIONE

- la dimensione del cervello segue linearmente la dimensione del corpo che si porta appresso, di solito



EVOLUZIONE

- rispetto al consumo di energia, il cervello da solo è l'organo che ne consuma di più: il 25% delle risorse giornaliere totali



EVOLUZIONE

- Si dice che il cervello umano contenga 100 miliardi di neuroni
 - un numero magico che non ha riferimenti bibliografici
 - stime si basavano su procedure stereologiche in cui si contano, guardandoli al microscopio, i neuroni su un certo numero di sottili fettine, tagliate in posizioni diverse, dalle quali si desumono per estrapolazione i valori complessivi
 - problema: porzioni diverse hanno densità diverse

EVOLUZIONE

- Susana Herculano-Houzel ha inventato un metodo nuovo
 - si sciolgono le membrane delle cellule lasciando solo i nuclei sospesi in una sostanza isotropica (eguale in tutte le direzioni)
 - nuclei di glia e neuroni possono essere colorati diversamente
 - i neuroni sono circa 86 miliardi

EVOLUZIONE

- Se il nostro cervello fosse costruito come quello di un roditore, dovrebbe pesare 36kg
- Quindi dovrebbe stare in un corpo di 89 tonnellate per non collassare

- Concludiamo pertanto che
 - non siamo roditori
 - siamo primati e un confronto corretto è fra cervelli di primati
 - il ns cervello può sembrare sorprendente, ma non è speciale nel n° di neuroni

- Perché il nostro cervello costa così tanta energia?
 - Energia/su n° neuroni

 - Il cervello dei primati costa uguale: 1B neuroni = 6 kCal/giorno
 - $86B \times 6 \text{ kCal/giorno} = 516 \text{ kCal/giorno}$
- La risposta è perché ha un gran numero di neuroni (e il costo relativo è grande perché ne abbiamo di più di altri rispetto alle dimensioni del nostro corpo)

- Se gli altri primati sono più grandi, perché non hanno un maggior numero di neuroni rispetto a noi?
 - Forse la risposta risiede nel fatto che è difficile produrre energia per entrambi (un gran corpo e un gran cervello)
- Si può quindi stimare il «costo del corpo» (dimensioni corporali) e il «costo del cervello» (numero di neuroni) e confrontarlo con quanta «energia» è assunta (dieta)

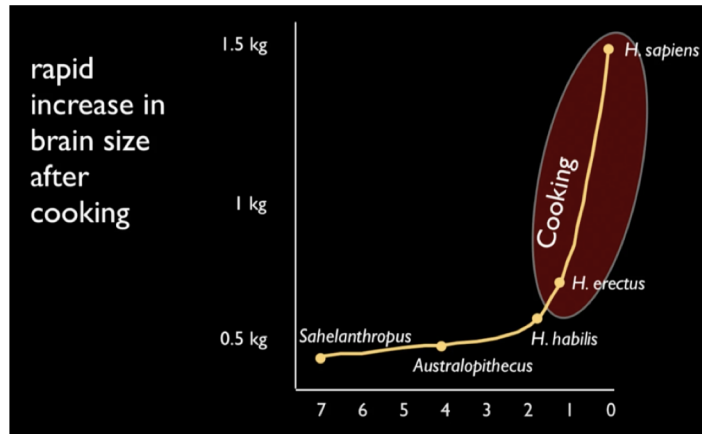
Primati che mangino 8 ore al giorno

- 53 B neuroni 25 kg
- 45 B neuroni 50 kg
- 30 B neuroni 75 kg (oranghi e gorilla)
- 12 B neuroni 100 kg

**Significa che devi trascorrere
più ore al giorno mangiando?!
Non è una pratica sicura**

Cucinare

- Mangi di più in meno tempo
- Assumi più calorie dallo stesso cibo
- LIBERA TEMPO per cose più interessanti da fare (col corpo e coi neuroni) invece che trascorrere l'esistenza solo cercando cibo etc.



Ecological Intelligence Hypothesis

- La cognizione nelle sue forme più complesse si è evoluta per affrontare le sfide associate alla necessità di trovare il cibo
 - Caratteristiche “guida” specifiche
 - Cibo disperso in termini spaziali e temporali
 - Dieta generalista
 - Strategie di *extractive foraging*



scimmia urlatrice scimmia ragno
foglifero frugifero

- Pressioni selettive rispetto al tipo di approvvigionamento
- fogliferi opportunisti vs. frugivori specializzati
- i frugivori devono apprendere e ricordare la distribuzione spaziale e temporale dei frutti
- in lab, surclassano i fogliferi in compiti di posizione

Uso di strumenti

- Nell'ottobre del 1960, Jane Goodall osserva uno scimpanzé – da lei chiamato **David Greybeard** – usare un ramo come bastone per estrarre le termiti dai loro nidi.
- Nessuno, prima di lei, aveva assistito a una scena del genere; per la prima volta viene dimostrato che gli esseri umani non sono gli unici animali capaci di costruire strumenti.



Uso di strumenti

- Congo
- Scimpanzé (*Pan troglodytes schweinfurthii*)
- Cultura di utilizzo
 - quindi pressioni anche sociali...



IPOTESI SOCIALE

Social Intelligence Hypothesis

- L'evoluzione dell'intelligenza dipende dalle pressioni del vivere sociale
 - Caratteristiche "guida" specifiche
 - Mantenere complessi e durevoli legami
 - Cooperare, ingannare, apprendere dai conspecifici

I POTESI SOCIALE

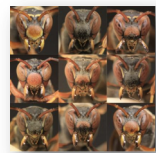
- Una manifestazione molto importante della vita di relazione è l'**altruismo**
- C'è una stretta relazione tra vita sociale e capacità cognitive; guardiamo a queste due famiglie di insetti

- i ditteri (come le mosche)
 - non hanno parentele;
 - non fanno il nido;
 - depositano le larve e se ne vanno
- gli imenotteri (come le api)
 - vivono in gruppi con forti relazioni di parentela
 - costruiscono l'alveare
 - si occupano della prole



azioni vantaggiose
per consimili,
svantaggiose per
sé

I POTESI SOCIALE



- Le profonde differenze tra gli stili di vita delle due famiglie che abbiamo visto determinano anche la presenza o meno di specifiche (e sofisticate) abilità cognitive
 - Esistono attività che non necessitano di apprendimento individuale (memoria genetica)
 - Ci sono poi attività che hanno come corollario la presenza di ulteriori capacità
 - es. Fare in nido e navigare per tornarvi



IPOTESI SOCIALE

- Già Darwin si era reso conto che gli animali si comportano in modo altruistico
 - gli individui di molte specie emettono segnali d'allarme nonostante questo atto aumenti il loro rischio di essere notati per primi dal predatore;
 - le api sacrificano la loro vita come kamikaze quando colpiscono un nemico con il pungiglione;
- se il comportamento altruistico è controllato dai geni e se conferisce uno svantaggio all'individuo che lo pone in essere (e che quindi possiede quei geni), allora un tale individuo lascerà meno discendenti e per ciò stesso meno copie dei geni per il comportamento altruistico



IPOTESI SOCIALE

- Vi sono due spiegazioni per l'evoluzione del comportamento altruistico e cooperativo più in generale
 - Entrambe hanno conseguenze importanti per ciò che concerne l'evoluzione delle capacità cognitive
 1. L'altruismo genetico
 2. L'altruismo reciproco



I POTESI SOCIALE

1. L'altruismo genetico, basato sul concetto di selezione di parentela (*kin selection*)

- l'atto altruistico può risultare biologicamente vantaggioso se viene rivolto a consanguinei, cioè a individui che sono portatori di copie degli stessi geni dell'individuo altruista (Hamilton, 1964)

la chiave dell'evoluzione non è la sopravvivenza dell'individuo ma dei geni di cui l'individuo è veicolo



I POTESI SOCIALE

1. L'altruismo genetico

- Abbiamo fatto l'esempio degli uccelli sentinella
- C'è anche il caso esemplificativo degli aiutanti al nido



IPOTESI SOCIALE

1. L'altruismo genetico

- Quali sono le conseguenze cognitive?
 - **Capacità di riconoscimento di consanguinei** (comportamento altruistico verso individui allevati insieme che si sviluppa sulla base dell'imprinting)
 - **Capacità di valutazione costi / benefici** (la selezione ha favorito lo sviluppo di meccanismi cognitivi per fare un bilancio costi/benefici per computare la quantità ottimale di risorse da allocare in ciascun momento a ciascun figlio)



IPOTESI SOCIALE

2. L'altruismo reciproco, opera anche quando gli individui che interagiscono altruisticamente non sono geneticamente imparentati

- può evolversi a condizione che vi sia una certa probabilità che l'individuo beneficiato contraccambi, in un secondo momento, l'atto di generosità (Trivers, 1971)
- gli scambi non-simultanei sono a rischio parassitismo...

IPOPOTESI SOCIALE



2. L'altruismo reciproco,

- Quali sono le conseguenze cognitive?
- Perché possa evolversi, è necessario che l'individuo che compie l'atto altruistico sia in grado di
 - riconoscere il beneficiario
 - ricordarselo
 - valutare se quest'ultimo contraccambia con atti di pari valore

IPOPOTESI SOCIALE

- Le dimensioni del cervello
 - Forse le differenze tra abilità cognitive dipendono dalla struttura cerebrale?
- i paleontologi hanno sostenuto che l'accrescimento della massa cerebrale fosse imputabile alla pratica di costruzione di strumenti
 - lo sviluppo degli encefali nella linea degli ominidi non correla con i reperti archeologici relativi ai cambiamenti nella manifattura degli strumenti
 - i gorilla di montagna





IIPOTESI SOCIALE

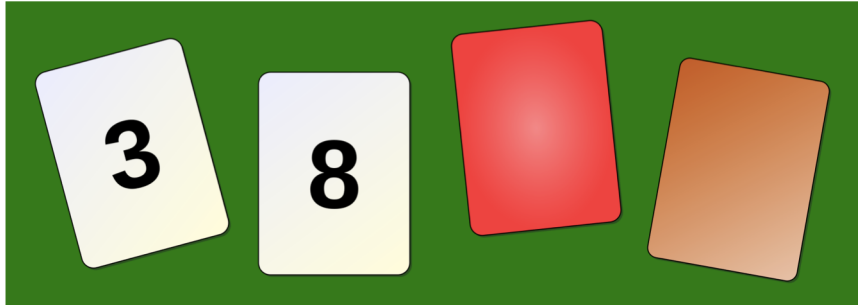
- Cooperazione alla base dello sviluppo delle capacità intellettive dell'uomo?
 - forse, proprio per le sfide imposte nel passaggio da raccogliere a cacciatore
 - da attività individuale (raccogliere) a attività in gruppo (cacciare) come cooperare, spartire, condividere



IIPOTESI SOCIALE

- primati compiono inferenze complesse rispetto ai conspecifici (ma non rispetto ai predatori)
 - traccia sulla sabbia -> non avvisa del pitone
 - vocalizzi -> riconoscimento della madre del cucciolo
- Le richieste della vita sociale sembrano davvero le più importanti

- Ogni carta ha un numero su un lato, e un colore sull'altro.
- Quale carta o carte devono essere girate per provare la regola che se una carta mostra un numero pari su una faccia, la sua faccia opposta è rossa?



la regola non dice “se c’è un numero pari su di un lato allora c’è il colore rosso sull’altro”!

Cosmides 1989

- non si può vendere alcolici ai minori
- quale individuo andate a controllare?



La mente umana contiene un **modulo** dedicato allo smascheramento di chi non si attiene alle **regole** e ai **contratti sociali**

Cosmides 1989

sottovalutiamo la
reale complessità
di processi mentali
svolti senza troppa
fatica: siamo
"psicologi nati"

- Ripensiamo ai gorilla...
- funzioni SOCIALI complesse che richiedono prestazioni cognitive sofisticate
 - preparare, istruire e proteggere i giovani
 - stabilire rapporti di collaborazione, risolvere litigi, gelosie, invidie e rancori...
 - mentire e ingannare,
 - scambiare e contraccambiare...



IPOTESI SOCIALE

- Spinte sociali, le INFERENZE TRANSITIVE
 - **Marco è più alto di Andrea**
 - **Marco è più basso di Lorenzo**
 - **Chi è più alto: Marco Andrea o Lorenzo?**
- Inferenze sulle relazioni
 - Capacità di trarre conclusioni sulle relazioni che intercorrono tra elementi rispetto ai quali non vi è esplicita informazione



IIPOTESI SOCIALE

- In natura le inferenze rappresenterebbero un vantaggio nella vita sociale
 - x (nuovo) e y (capo) combattono
 - x prevale su y
 - z, che osserva (subordinato) inferisce (senza sperimentare) che non gli conviene ingaggiare una lotta con x
- **linguaggio?**
 - Se chi osserva è l'unico a trarre vantaggio
 - Se l'informazione deve essere trasferita (rappresentazione esplicita)



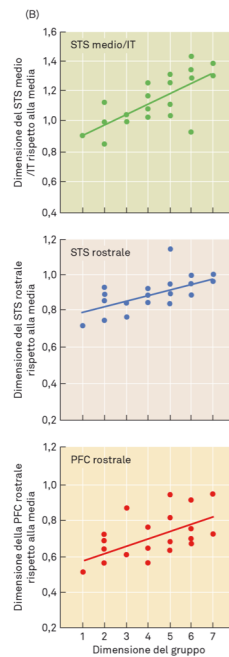
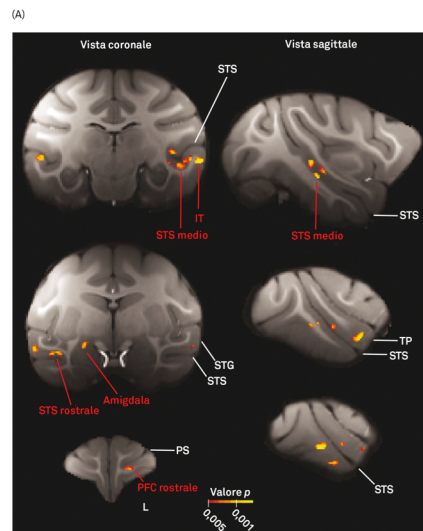
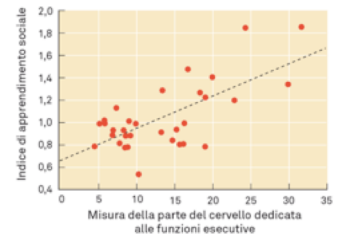
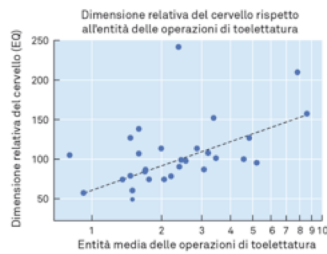
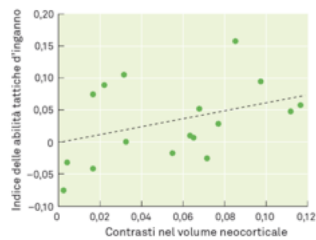
IIPOTESI SOCIALE

- Riconoscere individui
- Valutare status
- Memoria LT di interazioni e scambi
- Inferire intenzioni
- Ingannare
- Sono comportamenti socialmente sofisticati che potrebbero aver dato un impulso straordinario all'avanzamento cognitivo



IPOTESI SOCIALE

- I primati sono organizzati in società complesse e i loro prosencefali mostrano dimensione e complessità superiori
 - Anche altri gruppi complessi (delfini e orche) mostrano le stesse caratteristiche
- Varie misure correlano con lo sviluppo cerebrale



Entrambe?

- Ad oggi, vi sono dati in supporto ad entrambe le ipotesi sulla base di risultati ottenuti in diversi gruppi, soprattutto mammiferi ed uccelli
- Bisogna anche considerare che non sono mutualmente esclusive
- Ci sono approcci recenti in cui le due ipotesi sono contemplate assieme

Una proposta ulteriore

- L'intelligenza sarebbe un'adattamento cognitivo alle sfide preda-predatore
 - Catturare prede e evitare la predazione hanno conseguenze ingenti sulla *fitness*
- Le sfide cognitive sarebbero pari a quelle richieste nella competizione tra membri del gruppo perché in ambo i casi è richiesta l'interazione con un altro individuo per un ritorno personale
 - primati, pesci, carnivori ed erbivori