



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA VITA E DELL'AMBIENTE

Corso di Laurea
Scienze Biologiche

L'EVOLUZIONE DEL CERVELLO E DELL'INTELLIGENZA UMANA

THE EVOLUTION OF THE BRAIN AND HUMAN INTELLIGENCE

Tesi di Laurea di:

Luisa De Rosa

Docente Referente

Chiar.mo Prof.

Vincenzo Caputo Barucchi

Sessione __Straordinaria__

Anno Accademico __2019/2020__



L'EVOLUZIONE DEL CERVELLO E DELL'INTELLIGENZA UMANA

UNIVERSITA' POLITECNICA
DELLE MARCHE

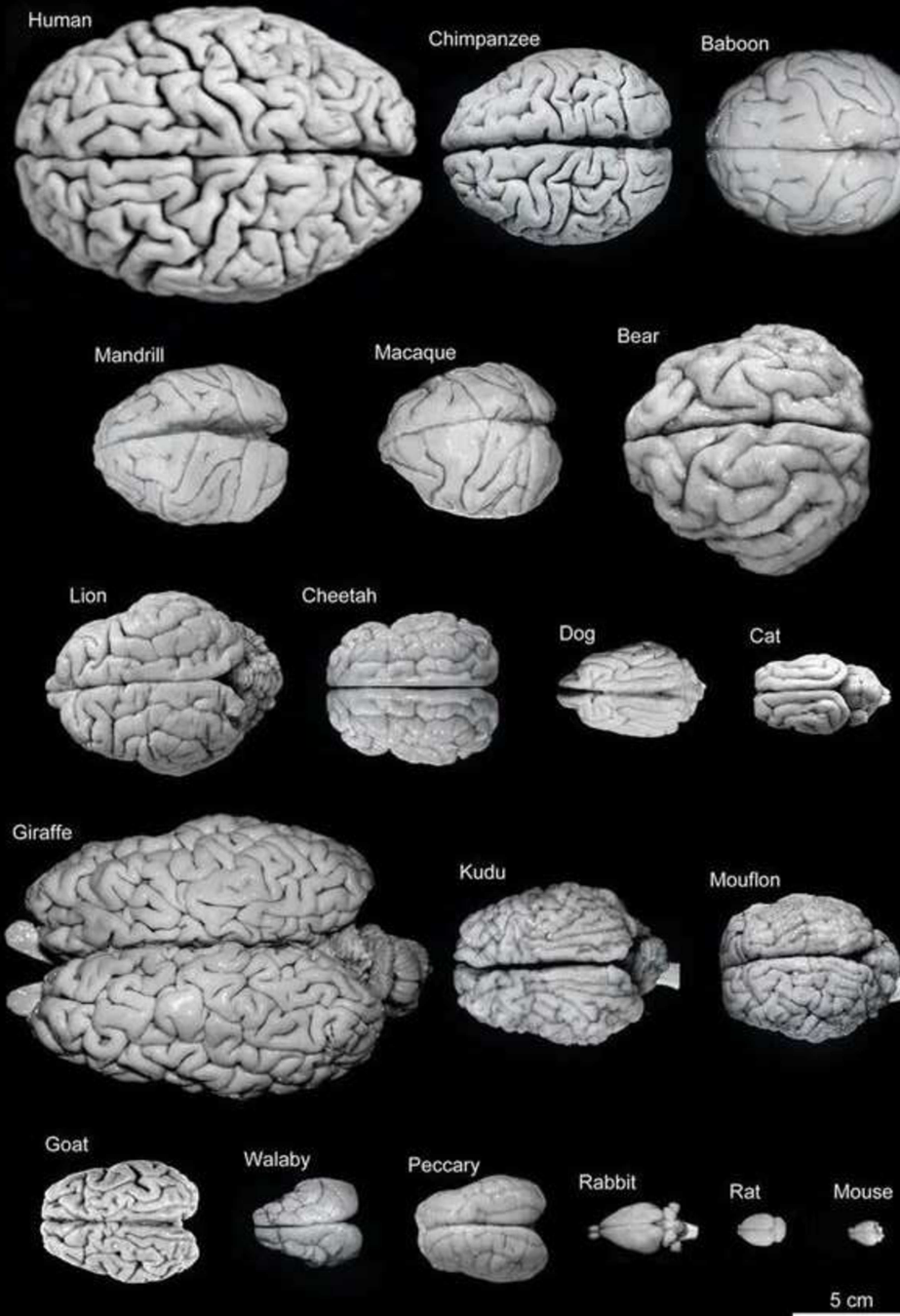
Studente Luisa De Rosa
Prof. Vincenzo Caputo Barucchi

DISVA - DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA
VITA E DELL'AMBIENTE

TESI – 2019/2020 – TRIENNALE

SESSIONE STRAORDINARIA





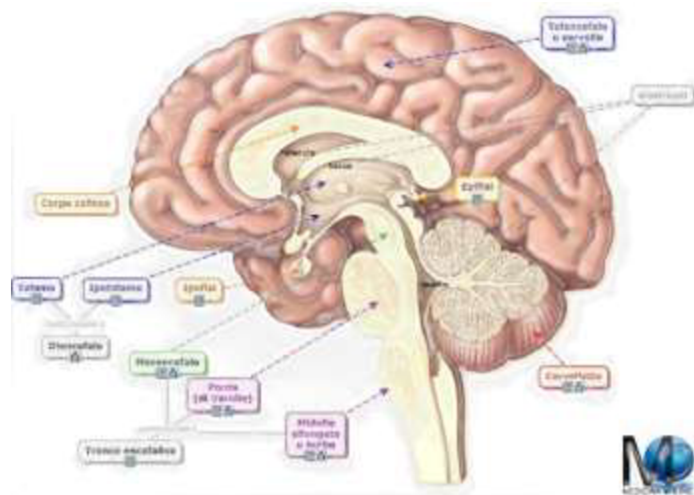
INTRODUZIONE

Non esiste una definizione universalmente condivisa dalla comunità scientifica sul significato dell'intelligenza animale o un metodo per misurarla. L'intelligenza può essere definita dalla velocità e dalle capacità cognitive ed emotive degli animali (tra cui gli esseri umani), i quali le utilizzano per affrontare e risolvere problemi che si presentano nei loro ambienti naturali e sociali. Durante l'evoluzione dei mammiferi, in particolar modo nell'uomo, la dimensione del cervello rispetto alla taglia corporea è variata significativamente, soprattutto grazie ad un ingrandimento sproporzionato della corteccia cerebrale. In particolare i geni MCPH1 e ASPM, si sono evoluti in modo adattivo, infatti si pensa che avrebbero potuto contribuire all'evoluzione delle dimensioni del cervello umano. I temi che tratteranno la mia tesi sono:

- Evoluzione dell'intelligenza e del cervello negli ominidi,
- Le differenze dell'intelligenza tra gli animali e gli esseri umani,
- Parametri per definire e misurare l'intelligenza (Teoria della mente, neuroni a specchio, imitazione...),
- I geni che hanno contribuito allo sviluppo delle dimensioni del cervello (MCPH1 e ASPM)



ANATOMIA DEL SISTEMA NERVOSO CENTRALE

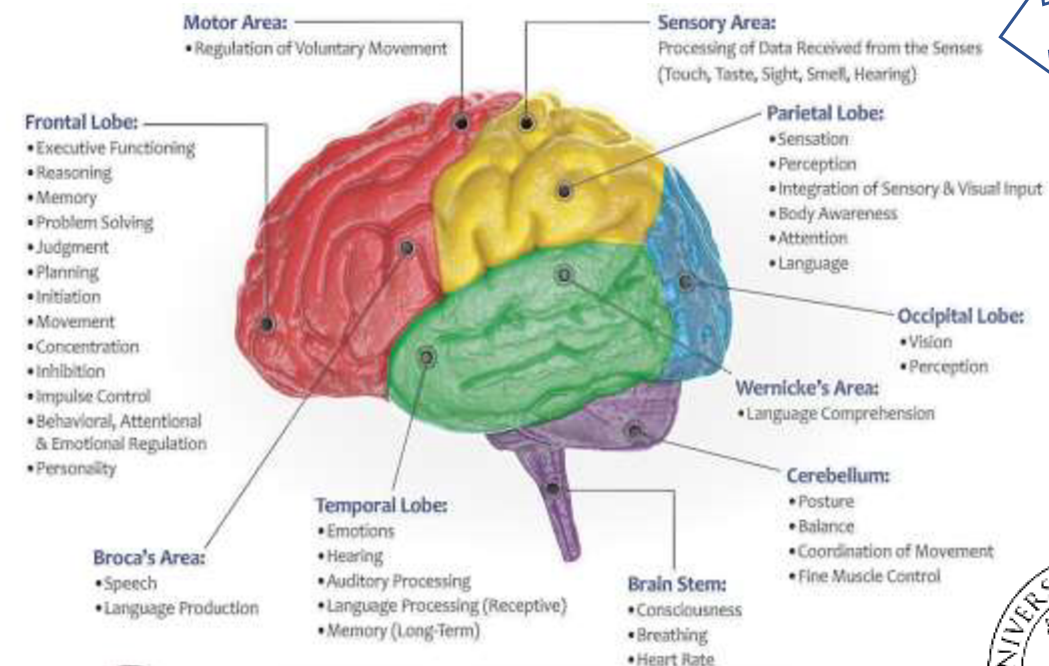


L'**ENCEFALO**, è un organo che rappresenta l'espansione della parte anteriore del tubo neurale, si divide inizialmente in: prosencefalo, mesencefalo e rombencefalo. A sua volta si dividerà in:

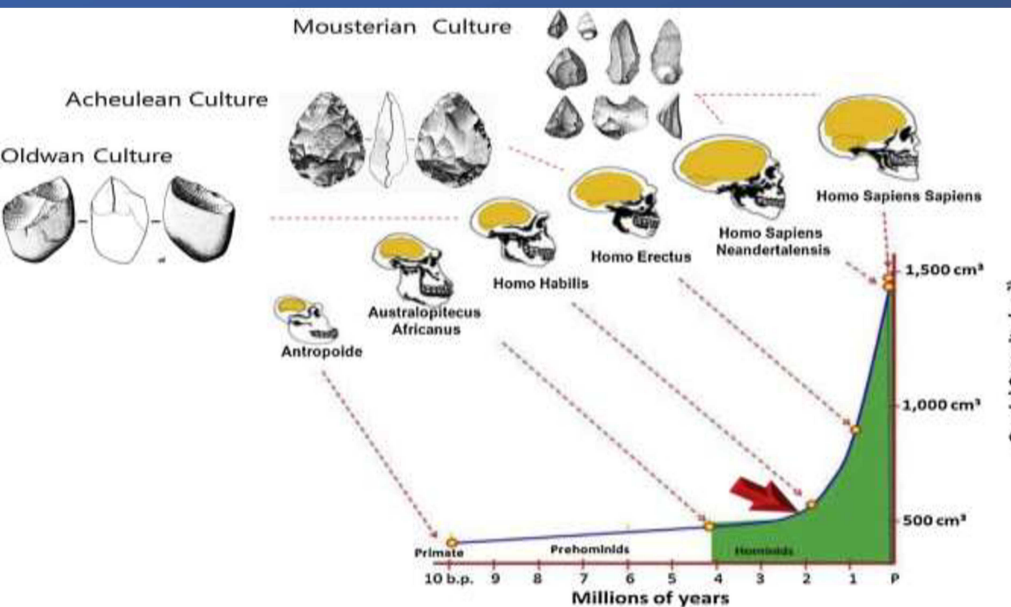
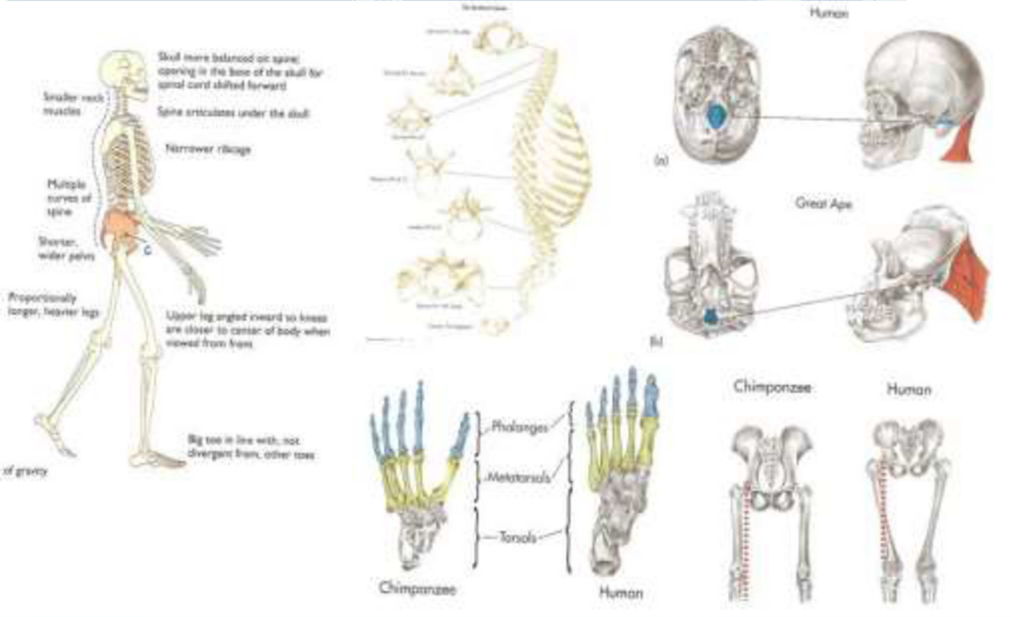
- **Telencefalo**, molto sviluppato nei mammiferi, composto dagli emisferi cerebrali separati da una scissura longitudinale. Costituito dalla corteccia cerebrale, si divide in : paleopallio, archipallio e neopallio. Nel caso dell'uomo le circonvoluzioni della corteccia sono dette girencefale.
- **Cervelletto** è coinvolto: nella memoria procedurale, nella coordinazione di attività motorie e il mantenimento dell'equilibrio.
- **Mesencefalo**, nei mammiferi si sviluppa molto poco in modo da dare spazio al telencefalo.
- **Mielencefalo**, detto anche midollo allungato, è un'importante tappa di arrivo e partenza dei nervi cranici.
- **Diencefalo**, centro di coordinamento di attività viscerali vegetative, stazione di transito delle afferenze sensoriali dirette al telencefalo. Si divide in : ipotalamo, talamo e ipotalamo.

Il telencefalo si può suddividere in LOBI :

- **Parietale**: percepisce le sensazioni tattili, l'orientamento nello spazio.
- **Frontale** : corteccia pre-frontale (inibizione del comportamento, pianificazione, valutazione e decisione), corteccia premotoria, Area di Broca (linguaggio).
- **Temporale** : corteccia uditiva, Area di Wernike, lettura, riconoscimento oggetti, la memoria.
- **Occipitale**: la corteccia visiva sensu lato.



L'EVOLUZIONE UMANA E IL BIPEDISMO



I cambiamenti climatici verificatisi in Africa durante il Miocene, portarono alla formazione di savane e boscaglie, ciò ha separato la linea evolutiva degli ominidi da quella dei pongidi. L'uomo e gli altri primati condividono alcune caratteristiche anatomiche riconducibili ai primi ominidi, che durante il corso della loro evoluzione, attraverso cambiamenti muscoloscheletrici hanno permesso di acquisire una posizione eretta, ciò permise lo sviluppo dell'encefalo così come lo conosciamo oggi :

- **Testa** ⇨ Lo slittamento in avanti del grande foro occipitale porta ad una riduzione dei muscoli nucali;
- **Pelvi** ⇨ L'inclinazione del femore è tale da farlo convergere verso la linea mediana, in questo modo la testa sarà in linea con il baricentro e scaricherà il peso sulla colonna vertebrale.
- **Colonna vertebrale** ⇨ Modificata dall'acquisizione di una cifosi toracica ed una lordosi lombare

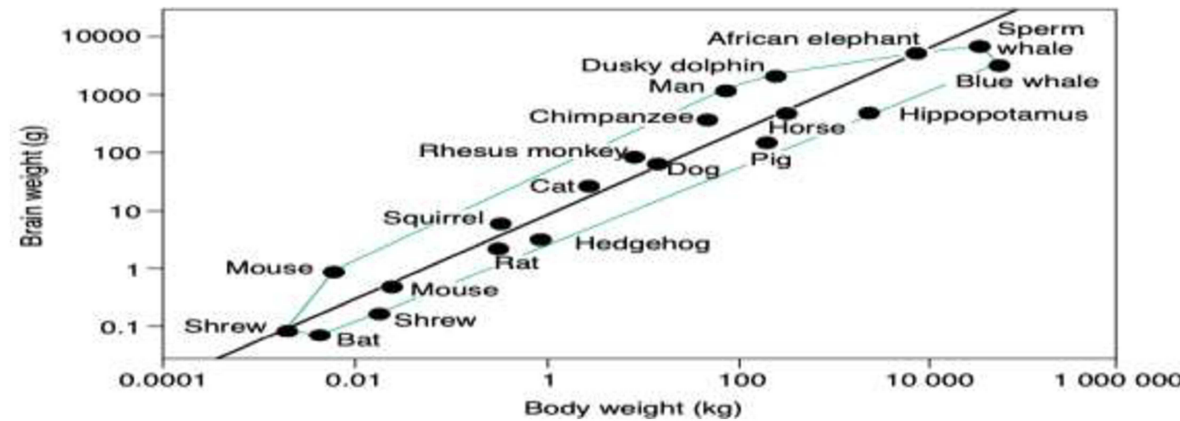
Questa postura, già probabilmente utilizzata dai primi ominidi arboricoli, come lo è tuttora negli attuali scimpanzé, permise la liberazione delle mani dalle quale derivò la capacità di :

- Trasportare cibo, armi, utensili, figli;
- Fabbricare ed utilizzare utensili (scoperta del fuoco);
- Avvistare i predatori e difendersi da essi;
- Sviluppo di nuclei familiari, comportamenti culturali e
- sociali, sviluppo del linguaggio.



PARAMETRI PER DEFINIRE L'INTELLIGENZA

Un cervello più grande non garantisce maggiore intelligenza, perché all'aumentare della dimensione corporea, quella del cervello aumenta allometricamente in modo negativo. I dati vengono tracciati in coordinate log, con una linea di regressione (linea nera) tracciata attraverso i punti dati. L'esponente della potenza di funzione è rappresentato dalla pendenza della retta di regressione. La linea verde collega i punti dati che sono più lontani dalla linea di regressione e indicano di quanto la dimensione del cervello devia, positivamente o negativamente, nel rapporto cervello / corpo medio dei mammiferi.



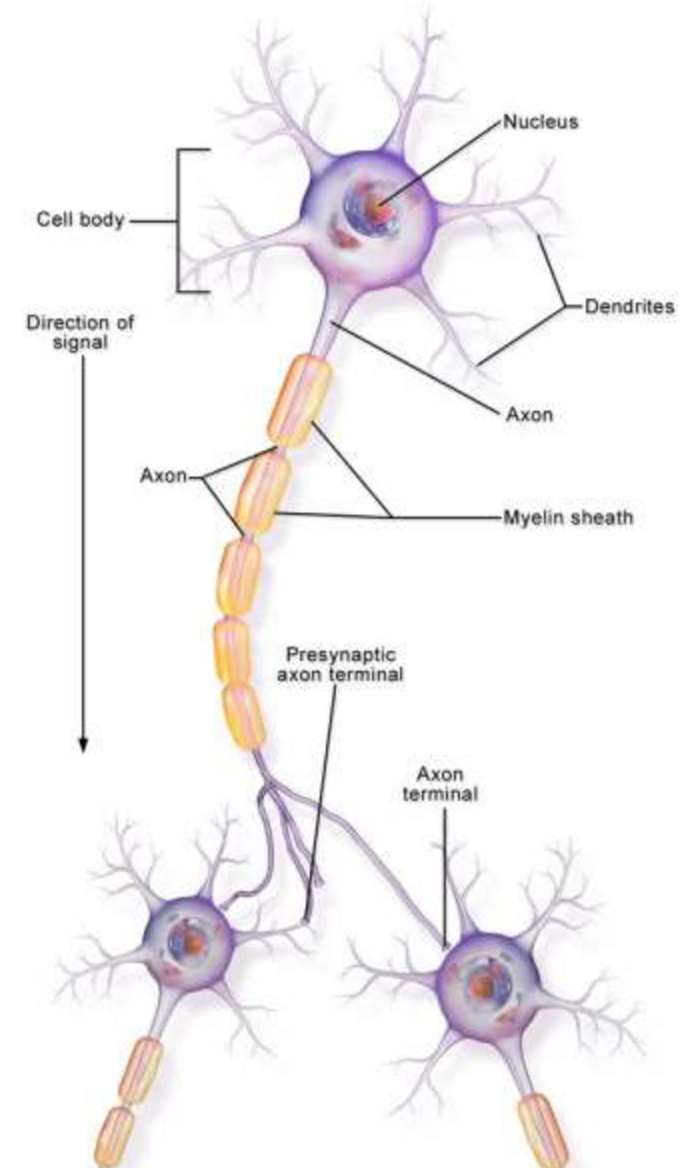
Altro fattore discusso è l'encefalizzazione espresso dal **quoziente di encefalizzazione (EQ)**, indica la misura in cui la dimensione del cervello di una data specie differisce dalla taglia attesa, basandosi su una specie standard dello stesso taxon. Ma anche il EQ non è il predittore ottimale per misurare l'intelligenza.



Animal taxa	Brain weight (in g) ^a	Encephalization quotient ^{b,c}	Number of cortical neurons (in millions) ^d
Whales	2600–9000	1.8	
False killer whale	3650		10 500
African elephant	4200	1.3	11 000
Man	1250–1450 ^e	7.4–7.8	11 500
Bottlenose dolphin	1350	5.3	5800
Walrus	1130	1.2	
Camel	762	1.2	
Ox	490	0.5	
Horse	510	0.9	1200
Gorilla	430 ^e –570	1.5–1.8	4300
Chimpanzee	330–430 ^e	2.2–2.5	6200
Lion	260	0.6	
Sheep	140	0.8	
Old world monkeys	41–122	1.7–2.7	
Rhesus monkey	88	2.1	480
Gibbon	88–105	1.9–2.7	
Capuchin monkeys	26–80	2.4–4.8	
White-fronted capuchin	57	4.8	610
Dog	64	1.2	160
Fox	53	1.6	
Cat	25	1.0	300
Squirrel monkey	23	2.3	480
Rabbit	11	0.4	
Marmoset	7	1.7	
Opossum	7.6	0.2	27
Squirrel	7	1.1	
Hedgehog	3.3	0.3	24
Rat	2	0.4	15
Mouse	0.3	0.5	4

Tra le caratteristiche più discusse, la complessità della corteccia cerebrale umana e il numero di neuroni corticali, combinati con un'alta conducibilità della velocità di trasmissione delle fibre corticali si correlano meglio con intelligenza. Il numero di aree corticali aumenta con la dimensione della corteccia, composte da colonne. Gli esseri umani hanno il maggior numero di neuroni corticali (circa $1,2 \times 10^{10}$) ma sono seguiti da cetacei ed elefanti. La corteccia umana ha una superficie più piccola di quella di questi animali, ma è due volte più spessa ed ha una densità cellulare più alta. I neuroni nella corteccia umana hanno in media 29800 sinapsi, per un totale di circa $3,6 \times 10^{14}$ sinapsi. **Un importante parametro per la capacità di elaborazione delle informazioni (IPC) è la velocità di conduzione delle fibre corticali, determinato dal diametro delle fibre mielinizzate.** Le fibre più sottili hanno una velocità di conduzione molto più bassa. Una grande distanza media tra i neuroni danneggia la IPC corticale, ma data la velocità di conduzione maggiore e una minor distanza tra i neuroni, probabilmente gli esseri umani hanno la più grande IPC.

Studi recenti hanno dimostrato che l'organizzazione corticale nei mammiferi per quanto riguarda la densità, le dimensioni e la forma delle cellule piramidali è più complessa di quanto precedentemente ipotizzato. Nella corteccia prefrontale di scimmie macaco e umani, rispettivamente, i neuroni trasportano fino a 16 e 23 volte più spine rispetto ai neuroni dell'area visiva primaria e i dendriti sono di più ramificati. Queste differenze vengono interpretate come un maggiore identificatore IPC della corteccia prefrontale.





IMITAZIONE

L'opinione prevalente è che l'imitazione si trovi solo in umani, e che i primati non umani mostrino :

- **“Aumento dello stimolo”**: osservazione della risoluzione di un problema, questo attira l'attenzione dell'osservatore su un oggetto e apprenderà più rapidamente per prova e per errore.
- **”Emulazione”** : osservazione del raggiungimento di un obiettivo e cerca di agire in modo simile, non comportandosi esattamente come il conspecifico.

Invece l'imitazione "vera" è definita come l'acquisizione di competenze mediante l'osservazione. Si distingue tra:

- **Imitazione "a livello di azione"**, che richiede la copia di una certa sequenza di azioni,
- **Imitazione "a livello di programma"**, che sta nel raggiungere un obiettivo in modi variabili.

Si crede che i "neuroni specchio" della scimmia nell' area F5 siano parzialmente omologhi all'area di Broca, perché nell'uomo essa è attiva anche durante i movimenti della mano e della bocca, come nel caso dei neuroni a specchio.

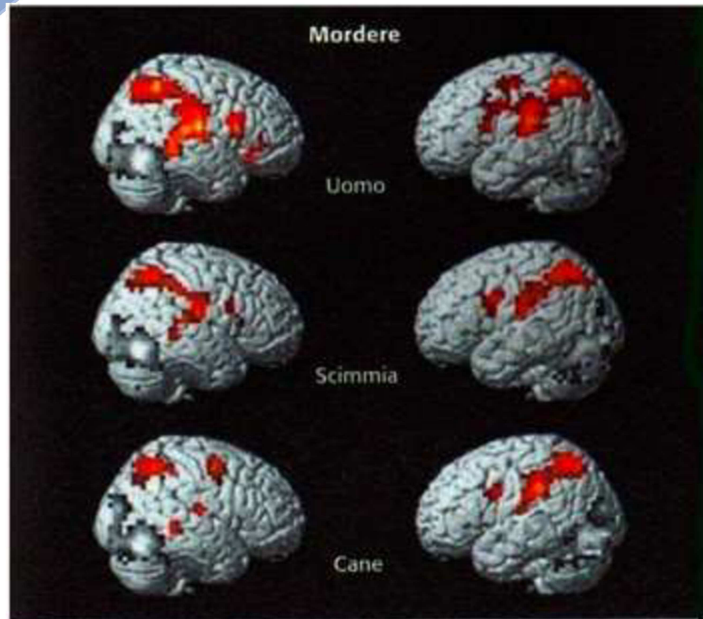
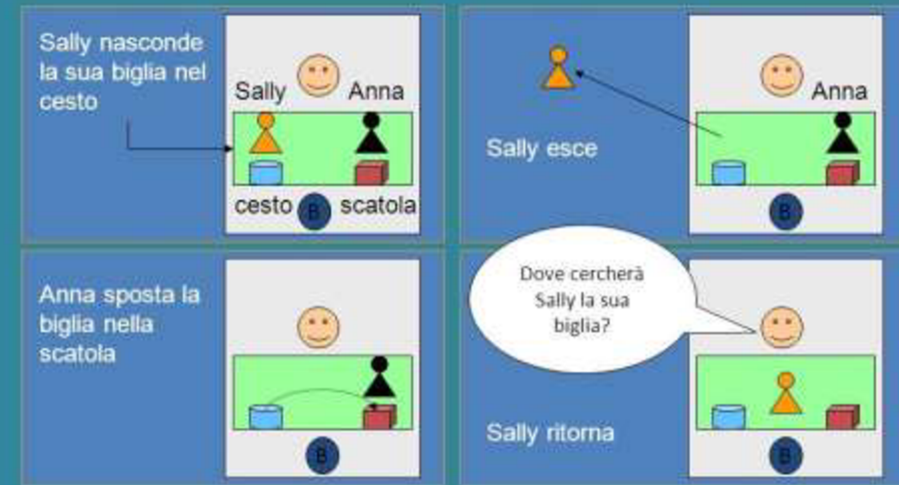


Figura 5.9 Aree corticali attivate durante l'osservazione dell'atto di mordere del cibo (vedi figura 5.7) compiuto, rispettivamente, da un uomo, da una scimmia e da un cane. (Buccino et al., 2004a.)

TEORIA DELLA MENTE

Gli scimpanzé esibiscono alcuni aspetti della teoria della mente (TM), cioè la capacità di comprendere lo stato mentale di un altro individuo e tenerne conto nel proprio comportamento. Negli esseri umani, la TM e la capacità di cogliere tra una vera e una falsa credenza, è completamente sviluppata all'età di 5 anni. Recenti studi sugli esseri umani hanno identificato aree corticali legati all'empatia / TM, imitazione e distinzione tra sé e gli altri. La corteccia parietale inferiore di destra e la temporale posteriore più la corteccia laterale destra, orbitale, cingolata anteriore e insulare hanno mostrato attivazioni quando è stato chiesto ai soggetti di concentrarsi su loro stessi o sugli altri. I "neuroni specchio" nell'area frontale F5 della scimmia sono considerati da alcuni come "precursori" delle aree corticali umane sottostanti la TM e la distinzione tra sé e gli altri.

Compito della falsa credenza (Sally e Anna)



11

DETERMINANTI DELLE DIMENSIONI DEL CERVELLO

A causa della sua complessità, il cervello umano e soprattutto le aree della neocorteccia, si sviluppano lentamente rispetto al cervello di altri primati. Nello specifico, gli umani hanno zone proliferative espanse e hanno diversi sottotipi di cellule staminali, progenitrici neurali con maggiori capacità proliferative che facilitano l'espansione del cervello. I tassi relativi di proliferazione e morte cellulare che si verificano durante la neurogenesi sono probabilmente i maggiori determinanti delle dimensioni del cervello dei mammiferi. È stato proposto un aumento evolutivo del numero di unità funzionali colonnari generate da "unità proliferative" di cellule progenitrici per spiegare come l'aumento del numero di cellule si traduca in espansione nella superficie corticale.



GENI CANDIDATI

I geni per la Microcefalia Primaria, causano : una marcata diminuzione del volume cerebrale, una corteccia cerebrale più piccola e presenta una piegatura corticale ridotta ad un modello girale semplificato.

La funzione dei questi geni non è di promuovere l'espansione della neocorteccia, perché questa struttura è specifica dei mammiferi e l'origine di ciascuno di questi geni è antecedente al primo mammifero. Invece, i cambiamenti adattivi incrementali di questi geni potrebbero aver influito sulla proliferazione del ciclo cellulare o ridotto la propensione dei neuroni all'apoptosi.

ASPM

- ASPM è una proteina di 3477 aminoacidi e 28 esoni, comprende un dominio di legame dei microtubuli al suo N-terminale, un dominio calponina-omologia, più 10 domini che legano la calmodulina e un regione terminale .
- Le funzioni di ASPM non sono note, invece quelle della proteina Asp (è l'ortologo della Drosophila) sono state molto studiate, essa è necessaria per il centrosoma come centro organizzatore dei microtuboli e avvicina i poli del fuso mitotico. Quindi è stato proposto che la mutazione di ASPM, potrebbe ridurre le dimensioni del cervello influenzando l'orientamento del fuso mitotico e riducendo il numero di cellule neurali attraverso un effetto sul rapporto tra divisioni asimmetriche e divisioni cellulari simmetriche.
- Confrontando le sequenze del gene ASPM, i gorilla, gli scimpanzé e gli esseri umani sono stati distinti dagli altri primati per aver accumulato un gran numero di sostituzioni nucleotidiche non sinonime in questo gene. Circa 15 sostituzioni in questo gene sono state adattative, e si ipotizza che queste abbiano contribuito all'espansione progressiva della corteccia cerebrale degli Ominidi.

MCPH1

- La Microcefalina è una proteina di 835 aminoacidi contenente i domini BRCA1 C-terminale (BRCT) .
- Ha 3 domini BRCT: uno in corrispondenza dell' N-terminale e una coppia al C-terminale . I domini BRCT si trovano in molti processi di riparazione del DNA e proteine del ciclo cellulare. Questi i domini legano specificamente le proteine fosforilate su residui di serina e / o treonina. L'implicazione è che il loro legame è modulato da una fosforilazione come risultato di entrambe le fasi del ciclo cellulare o segnali specifici derivanti da danni al DNA.



CONCLUSIONI

- Resta una questione aperta se gli esseri umani abbiano proprietà cognitive uniche o meno, poiché gli esperti riconoscono aspetti dell'imitazione, della teoria della mente e della coscienza anche nei Primati non umani.
- Ciò significherebbe che la base dell'intelligenza straordinaria degli esseri umani non dipende da differenze qualitative, ma da una combinazione e un miglioramento di queste capacità.
- Ad esempio, a livello della corteccia prefrontale umana si ha una combinazione della capacità di analisi temporale con il comportamento motorio, la pianificazione dell'azione, il pensiero e il linguaggio. Ciò avrebbe potuto portare ad una serie di cambiamenti quantitativi che sembrano "salti" nell'evoluzione del cervello e dell'intelligenza.
- Tali cambiamenti hanno una base genetica ed è stato proposto che i geni candidati siano MCPH1 e ASPM, i quali in caso di mutazione causano la Microcefalia primaria, in cui le dimensioni del cervello si riducono a livelli paragonabili ai primi Ominidi.
- Gli studi effettuati hanno permesso di ipotizzare che questi due geni siano andati incontro a un'evoluzione adattativa, ma non sono ancora chiari i precisi meccanismi.
- Una migliore comprensione della funzione di questi geni potrebbe aiutare a risolvere questo problema, così come l'analisi delle storie evolutive di altri geni della Microcefalia primaria.

L'EVOLUZIONE DEL CERVELLO E DELL'INTELLIGENZA UMANA

REFERENZE:

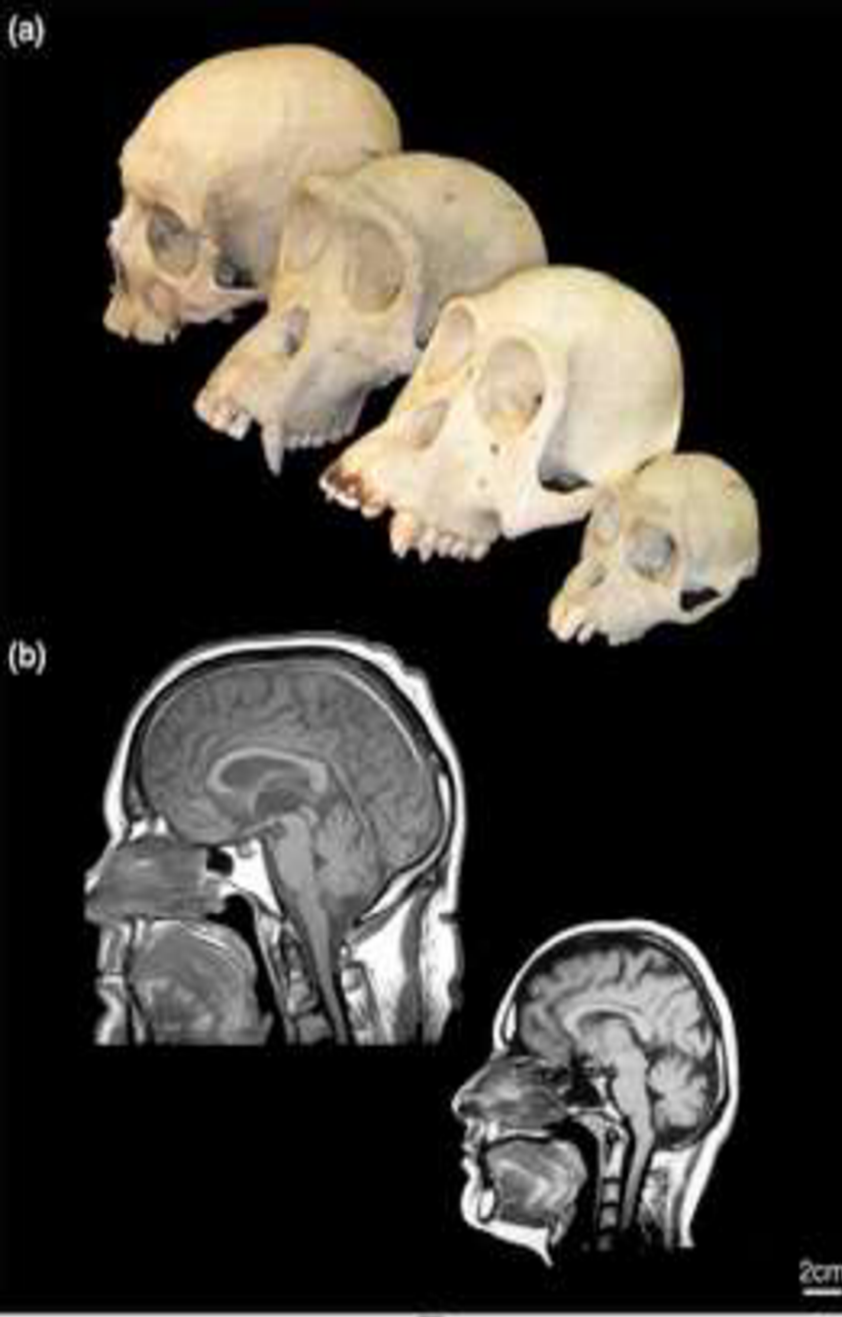
SITOGRAFIA

- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15866152/>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959437X05000614>
- <https://discvr.blog/rare-hominin-skull-excavated-in-ethiopia/>
- <https://www.pinterest.it/174ba4d4-771e-4098-bccb-7b45b2bb093>
- <https://www.pinterest.it/pin/1266706131675356/>
- <https://www.pinterest.it/pin/472878029621781349/>
- <https://www.pinterest.it/pin/744853225840890680/>
- <https://www.pinterest.it/pin/689895236657306811/>
- https://www.google.com/search?q=bipedismo&sxsrf=ALeKk01cir4jZqeXXXUePCgAweBdCSDvAw:1609180215404&tbm=isch&source=iu&ictx=1&f_irmgQ7IZopw7fM%252CnJtnjqQIOM9m0M%252C%252Fm%252F01c4q&vet=1&usg=AI4_-kRjAiLx7Q36NfeBd0FeR-V0p78omg&sa=X&ved=2ahUKEwjQkvm4p_HtAhWOH-wKHYnpArsQ_B16BAgTEAE#imgrc=irmgQ7IZopw7fM&imgdii=TQvbEoYb_gnvCM
- <https://gabryventu49.blogspot.com/2014/04/g-rizzolatti-i-neuroni-specchio-e.html>
- <https://www.msmanuals.com/it-it/casa/infezioni/arbovirus-arenavirus-e-filovirus/infezione-da-virus-zika>
- <https://www.google.com/search?q=neuroni+specchio+scimmia&tbm=isch&hl=it&sa=X&ved=2ahUKEwjo-PWWsYTuAhWBtqQKHSjaBhkQrNwCKAF6BQgBEJUB&biw=1140&bih=657#imgrc=dY8Nht4WMIGXnM>
- https://www.google.com/search?q=teoria+della+mente&tbm=isch&ved=2ahUKEwjKtoSTuYTuAhWN-qQKHSV_CpQQ2-cCegQIABAA&oq=teoria+della&gs_lcp=CgNpbWcQARgAMgQIIxAnMgIIADICCAyAggAMgIIADICCAyAggAMgIIADICCAyAggAOgQIABBD0ggIABCxAXCDAToFCAAQsQM6BwgjEOoCECc6BwgAELEDEENQ-fYZWP2XGmDrpRpoAXAAeACAaVaIAYkIkqECMTOYAQCgAQGqAQtd3Mtd2l6LWltZ7ABCsABAQ&sclient=img&ei=6iz0X8qZLo31kwWl_qmCQ&bih=657&biw=1140&hl=it#imgrc=_jYtZY-i6o72M

BIBLIOGRAFIA

- [Gerhard Roth^{1,2} and Ursula Dicke²,¹ Hanse Institute for Advanced Study, D-27753 Delmenhorst, Germany,² Brain Research Institute, University of Bremen, D-28334 Bremen, Germany. **Evolution of the brain and intelligence**](#)
- [Chris Ponting¹ and Andrew P Jackson², **Evolution of primary microcephaly genes and the enlargement of primate brains**](#)
- [**Anatomia Comparata di V.Stingo, Edi-Ermes, 2016**](#)





RIASSUNTO ESTESO

L'encefalo, è un organo che si sviluppa dall'espansione della parte anteriore del tubo neurale, si divide inizialmente in: prosencefalo, mesencefalo e rombencefalo. A sua volta si dividerà in: telencefalo (dove si trovano i 4 lobi), cervelletto, mesencefalo, mielencefalo, diencefalo.

Con l'evoluzione degli ominidi ci furono cambiamenti muscoloscheletrici nelle zone della testa, del bacino e della colonna vertebrale che permisero agli esseri umani di acquisire una posizione eretta, sviluppando l'encefalo così come lo conosciamo ora. Infatti si parla anche di un'evoluzione del cervello, poiché da un volume cerebrale di 450cm^3 trovato negli Australopitechi si riscontra quello di circa 1350cm^3 nei moderni Homo sapiens, è il risultato di una crescita allometrica positiva della corteccia. Esistono dei parametri per definire e misurare l'intelligenza, spesso sono state attribuite proprietà agli esseri umani che presumibilmente non si trovano in altri animali, anche se attraverso esperimenti sono state riconosciute anche in alcuni primati non umani, infatti nel corso della tesi ho trattato : la dimensione del cervello, il quoziente di encefalizzazione, l'imitazione, i neuroni a specchio e la teoria della mente. Tra le caratteristiche cerebrali più discusse, il numero di neuroni corticali combinato con un'alta conducibilità della velocità di trasmissione delle fibre corticali si correla meglio con intelligenza. Le specializzazioni strutturali e funzionali nella corteccia prefrontale umana potrebbe aver svolto un ruolo importante.

I cambiamenti anatomici devono avere una base di mutazioni genetiche, ma i processi molecolari coinvolti devono ancora essere definiti. I primi candidati sono il gene della Microcefalina (MCPH1) e il gene ASPM che codifica per la proteina del fuso anomalo (ASP), se mutano causano la Microcefalia Primaria, un disturbo del neurosviluppo umano. In questa patologia le dimensioni del cervello si riducono di volume a dimensioni paragonabili a quelle dei primi ominidi. E' stato proposto che questi geni hanno subito un'evoluzione positiva nelle grandi scimmie e nell'uomo, sono stati conservati come sequenze funzionali senza essersi trasformati in pseudogeni, contribuendo all'aumento della dimensione dei loro cervelli.

