



Sviluppo neonatale

Alberto Oliverio

Università di Roma, Sapienza



Indice

1. Sviluppo embrionale e fetale: Sinapsi, circuiti, plasticità
2. Embrione e feto: dalla morula alla nascita
3. Dalle esperienze fetali alle funzioni motorie neonatali
4. Meccanismi di apprendimento
5. Neuroni specchio
6. Plasticità
7. Un cervello impostato su motricità e visione
8. Linguaggio

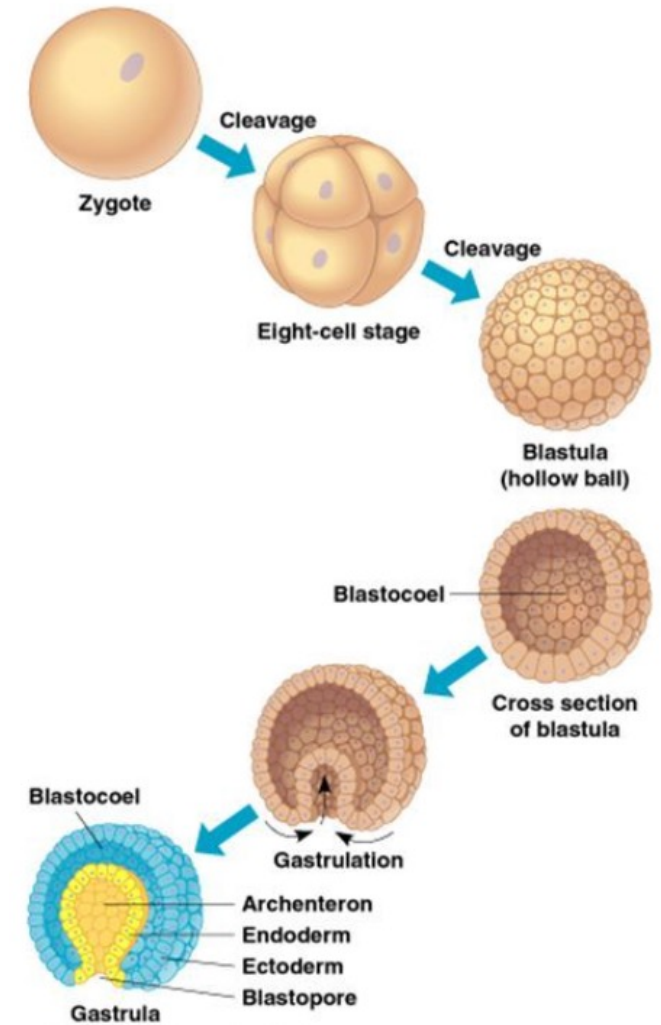


1. Sviluppo embrionale e fetale

Sinapsi, circuiti, plasticità

• L'embrione

- Lo zigote si divide in due, poi in quattro, otto, sedici cellule, sino a formare la morula.
- A 10 giorni dalla fecondazione, nella morula si forma una cavità e si trasforma in blastula, formata da 1000 cellule
- La blastula è formata da tre foglietti: endo, meso e ectoderma
- A 16 giorni il foglietto esterno o ectoderma si ispessisce, si forma la placca neurale da cui si forma un tubo
- A 21 giorni il tubo neurale è l'abbozzo del sistema nervoso



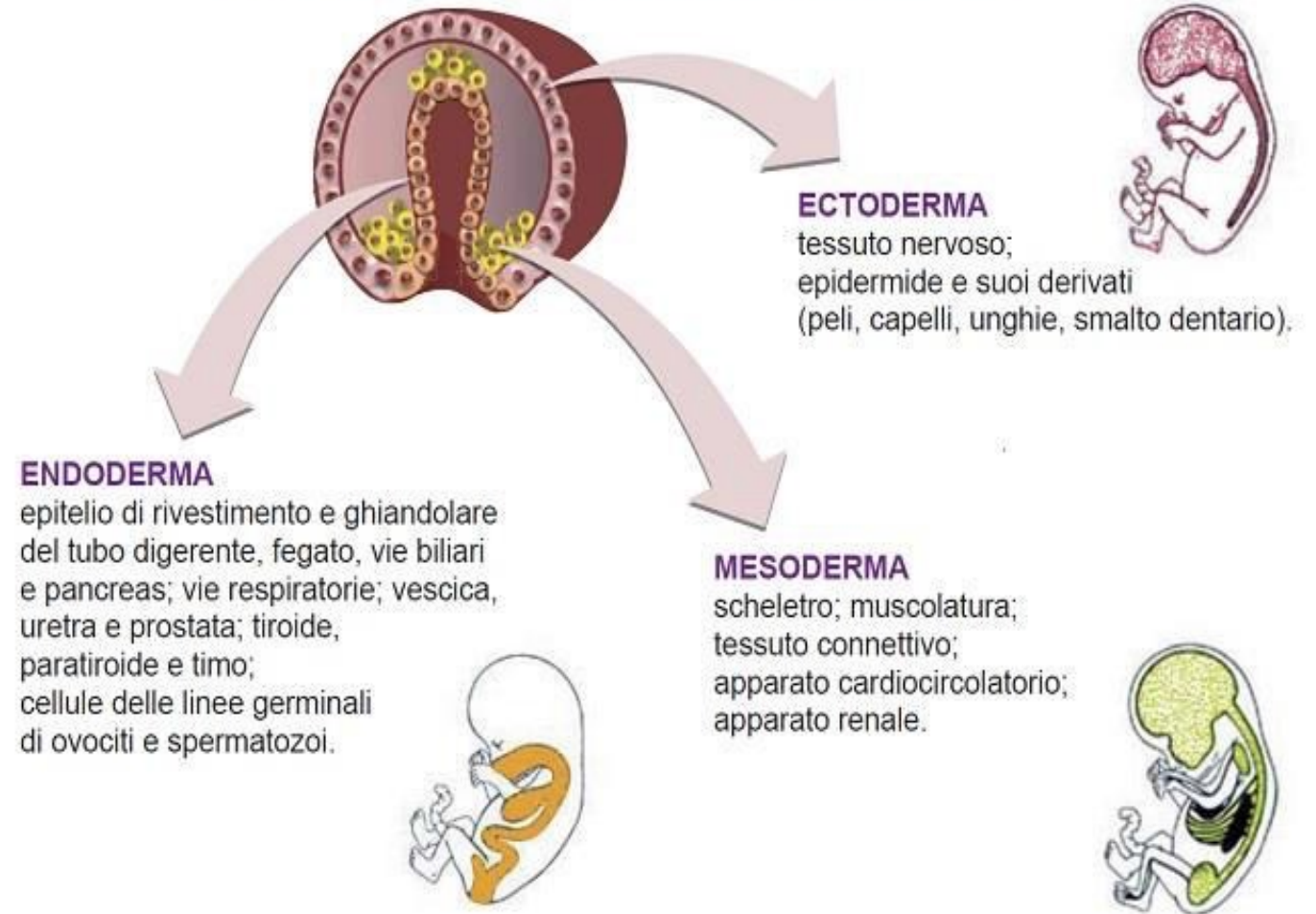
Lo sviluppo embrionale

PERIODO EMBRIONALE (2a-8a settimana di gestazione)

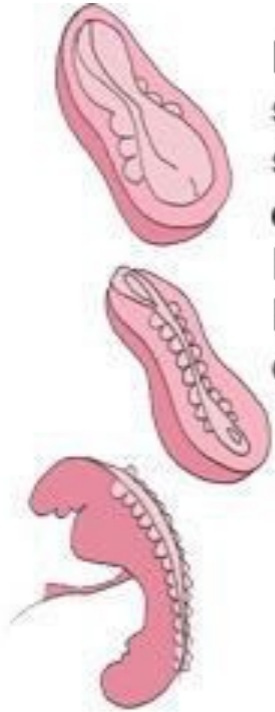
Formazione dei tessuti e degli organi:

- a partire dall'**ectoderma** si svilupperà il sistema nervoso centrale
- a partire dall'**endoderma** si svilupperanno il sistema digestivo e respiratorio
- a partire dal **mesoderma** si svilupperanno i muscoli, lo scheletro e il sistema circolatorio

I tre foglietti embrionali nello sviluppo dell'embrione



Lo sviluppo embrionale



Il disco embrionale si ripiega su se stesso e forma il tubo neurale. L'embrione assume la forma di un fagiolo.

Dalla terza settimana di gravidanza, nell'embrione si forma il **tubo neurale**, una struttura di forma cilindrica dalla quale si svilupperà il sistema nervoso centrale (di cui fanno parte il cervello ed il midollo spinale).

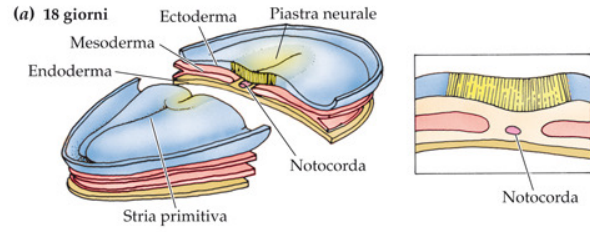
Lo sviluppo del cervello

Lo sviluppo del cervello avviene in 3 fasi:

- **PROLIFERAZIONE NEURONALE**: produzione massiccia di neuroni
- **MIGRAZIONE**: processo che permette ai neuroni di raggiungere la loro destinazione finale
- **ORGANIZZAZIONE**: consiste nella costruzione di collegamenti sinaptici tra cellule

Alla nascita la formazione di neuroni è quasi ultimata. Con l'eccezione di alcune aree cerebrali (es. bulbo olfattivo), nelle altre si osserva sfoltimento a partire dai primi mesi di vita.

18 giorni

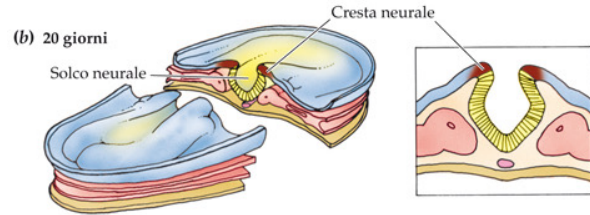


(e)
10 settimane

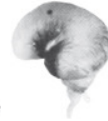


10 settimane

20 giorni

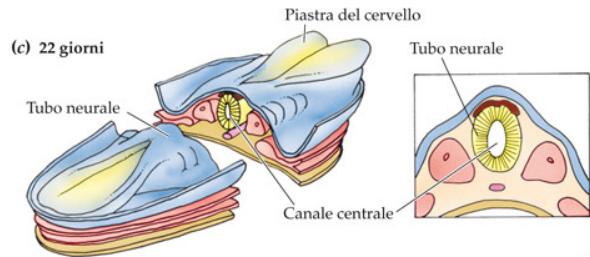


15 settimane

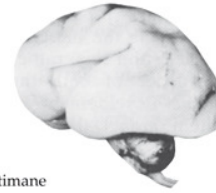


15 settimane

22 giorni

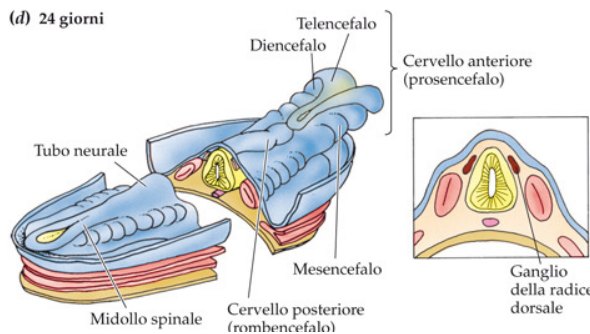


24 settimane



25settimane

24 giorni



30 settimane



30 settimane

41 settimane

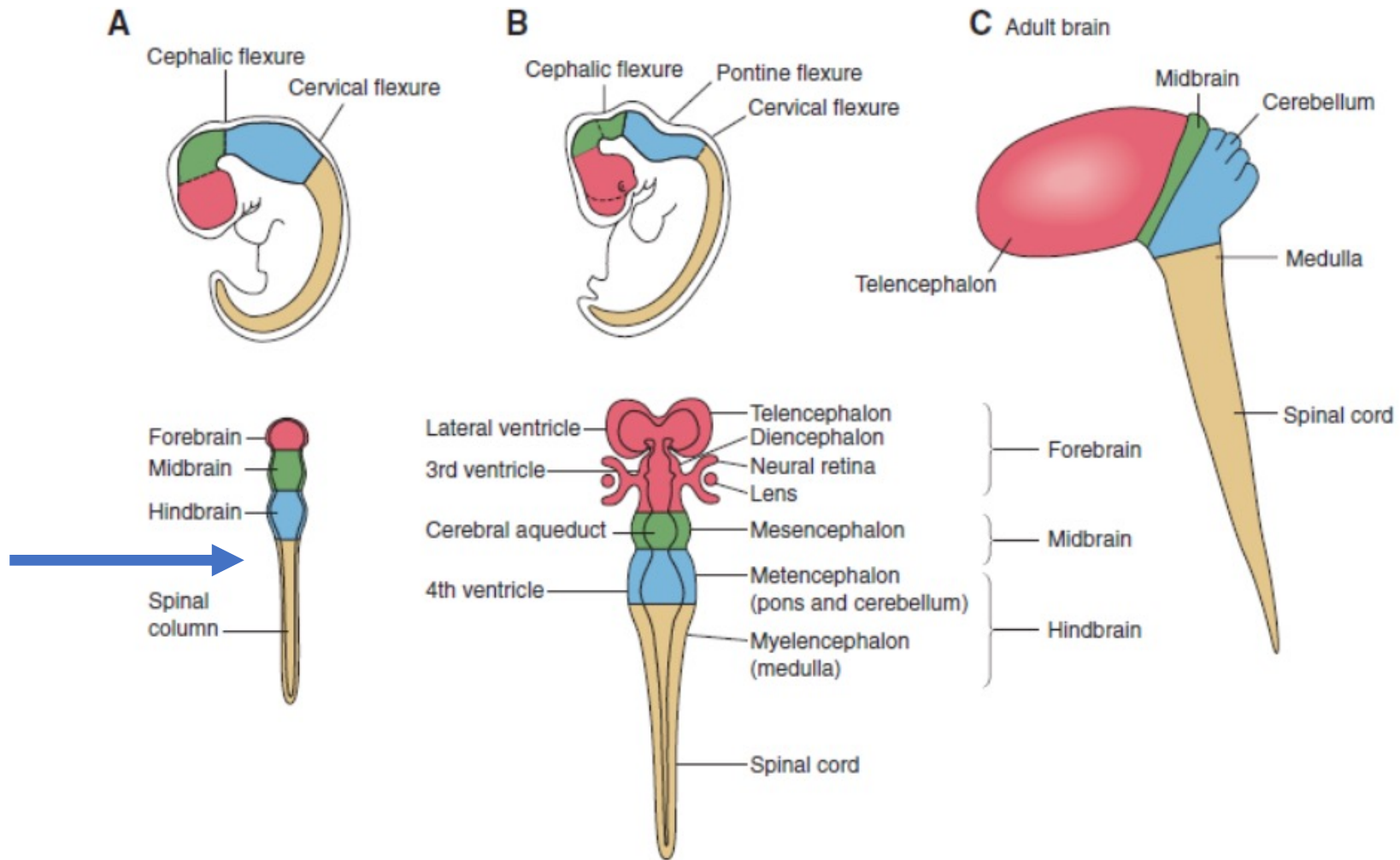


41 settimane

Sviluppo del SN nell'embrione e feto umano

Alberto Oliverio

3° settimana
Tubo neurale



Dalle tre vescicole che formano l'estremità anteriore (cefalica) del tubo neurale, si sviluppano le varie parti del cervello

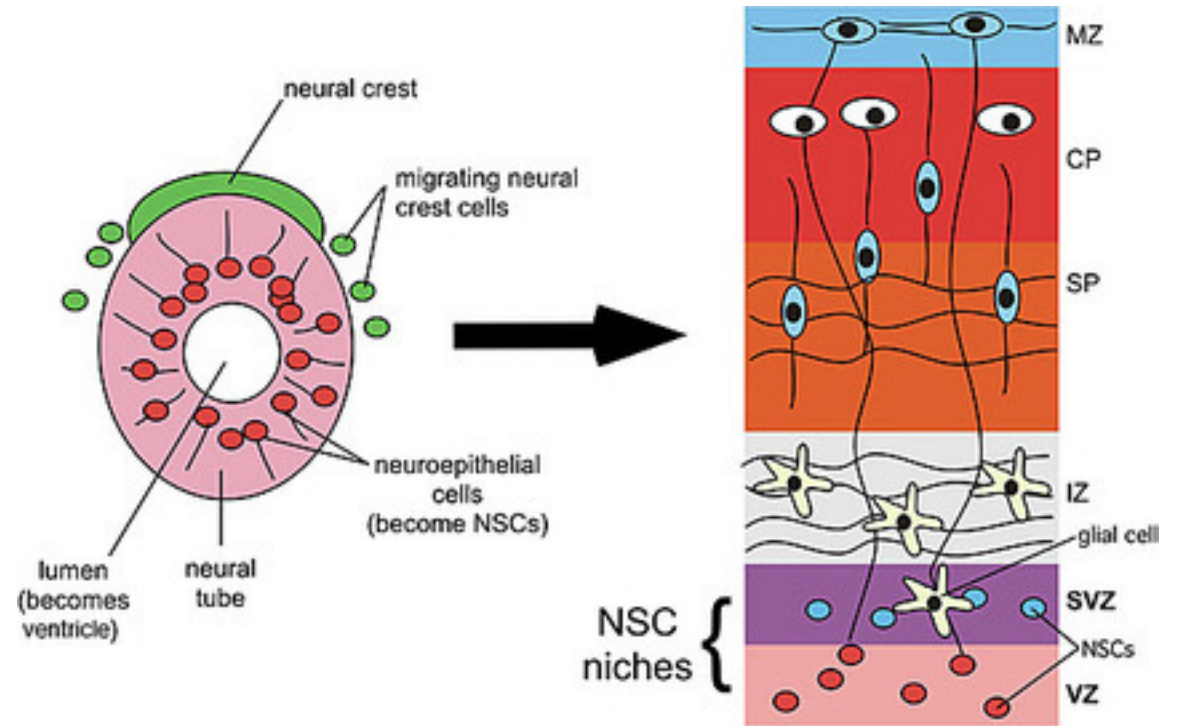
Neuroni e sinapsi

- In un embrione di 21 giorni i neuroni vengono generati a un ritmo di 250.000 al minuto, alla nascita il numero finale supererà i 100 miliardi
- Ogni neurone formerà circa 10.000 contatti o “sinapsi”.
- Un frammento di corteccia più piccolo di un chicco di riso contiene 10000 neuroni.
- La corteccia contiene oltre 60 miliardi di neuroni, all'incirca i due terzi di quelli che formano il cervello: tra i neuroni che la formano esistono circa centomila miliardi di connessioni o sinapsi.
- Le sinapsi cominciano a formarsi al 180° giorno di vita fetale e raggiungono la densità massima dopo la nascita, durante i primi 15 mesi di vita.
- Il cervello di un feto a termine o di un neonato ha tra il 30 e il 60% di neuroni in più rispetto al cervello dell'adulto.

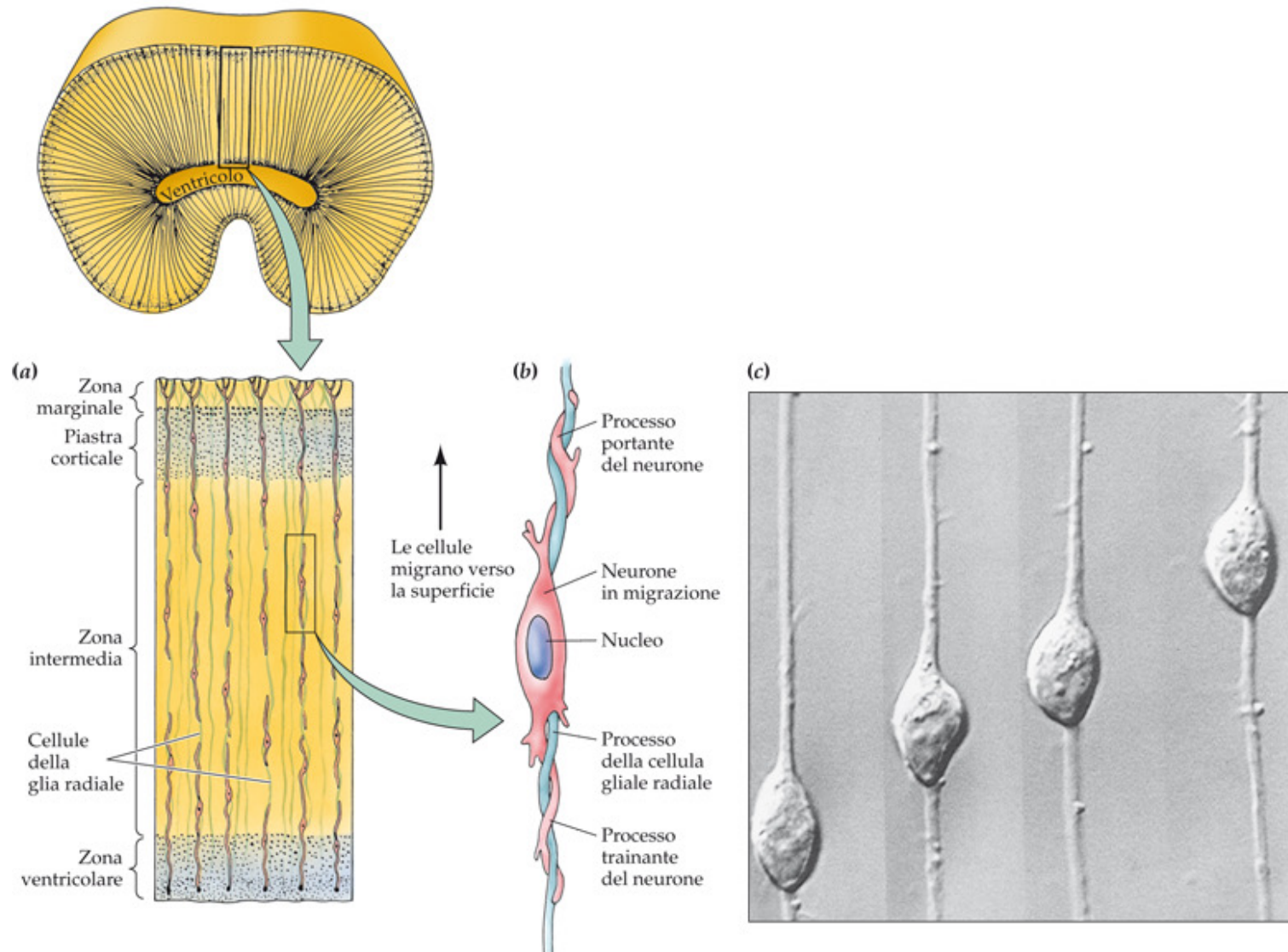
Neuroni e sinapsi 2

I neuroni della corteccia si formano a partire da uno strato di cellule progenitrici –o staminali- situate intorno al sistema dei ventricoli (zona ventricolare) che corrisponde alla parte interna del tubo neurale. Le cellule progenitrici sono indifferenziate e da esse si formano neuroni e glia.

Sino a non molto tempo fa si riteneva che il cervello cessasse di produrre neuroni alla nascita: in realtà è stato appurato che nell'ippocampo vengono prodotti nuovi neuroni anche in età adulta.



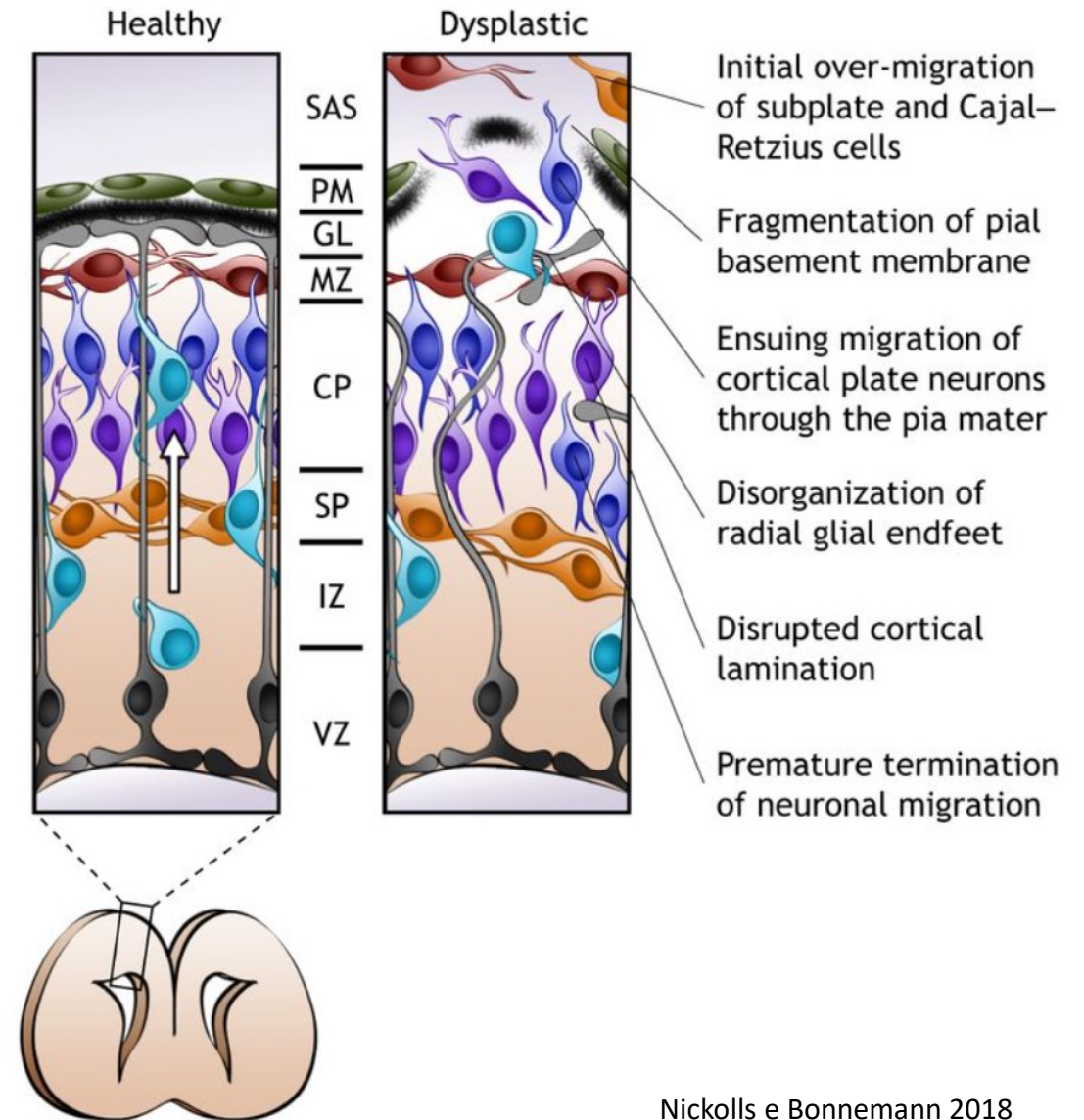
Differenziazione delle cellule staminali neurali (NSC) e sviluppo di neuroni e cellule gliali dalle tre zone



Formazione degli strati corticali

Disturbi della migrazione neuronale (NMD)

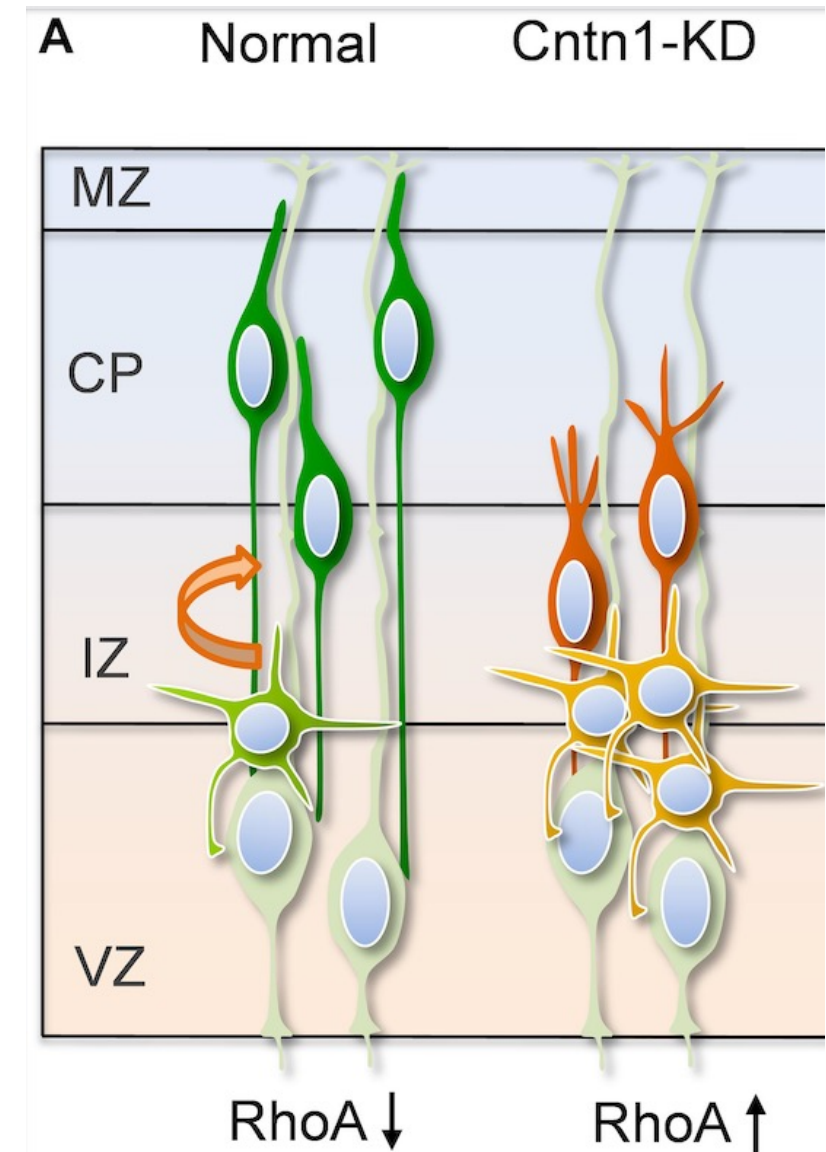
Un gruppo di difetti causati dalla migrazione anomala dei neuroni nel sistema nervoso in via di sviluppo. La migrazione neuronale, che avviene già nel secondo mese di gestazione, è controllata da un complesso assortimento di segnali chimici. Quando questi segnali sono assenti o errati, i neuroni non finiscono al loro posto. Ciò può causare aree cerebrali strutturalmente anormali o mancanti. I sintomi spaziano da alterazioni del tono muscolare e funzione motoria a convulsioni, ritardi nello sviluppo e una testa più piccola del normale. Gli NMD sono legati a geni responsabili della migrazione neuronale.



Nickolls e Bonnemann 2018

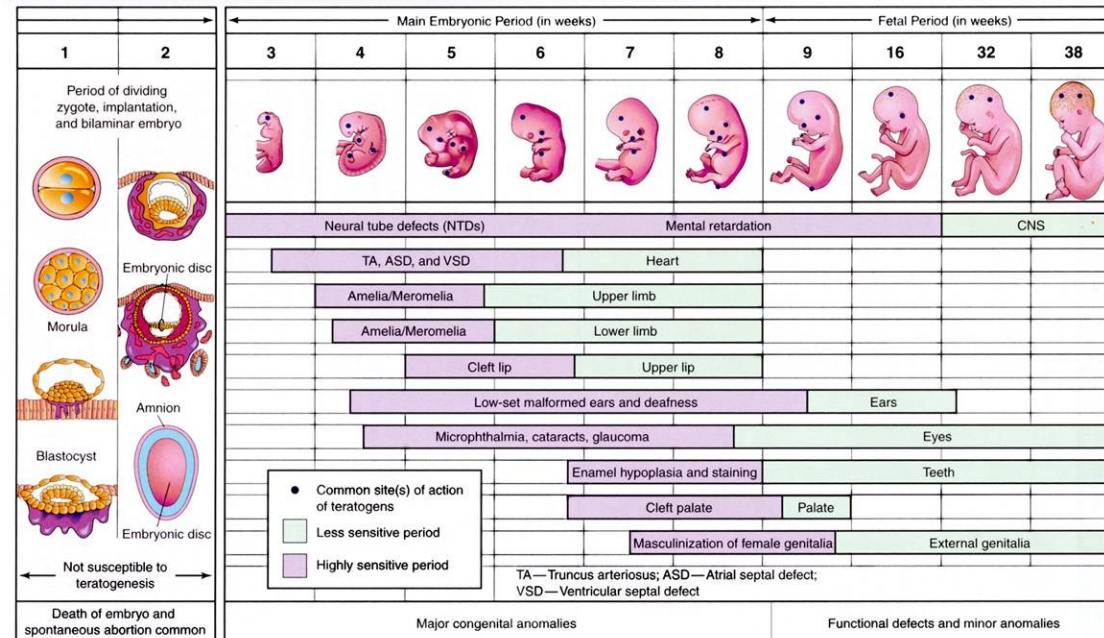
Autismo e alterazioni della migrazione neuronale

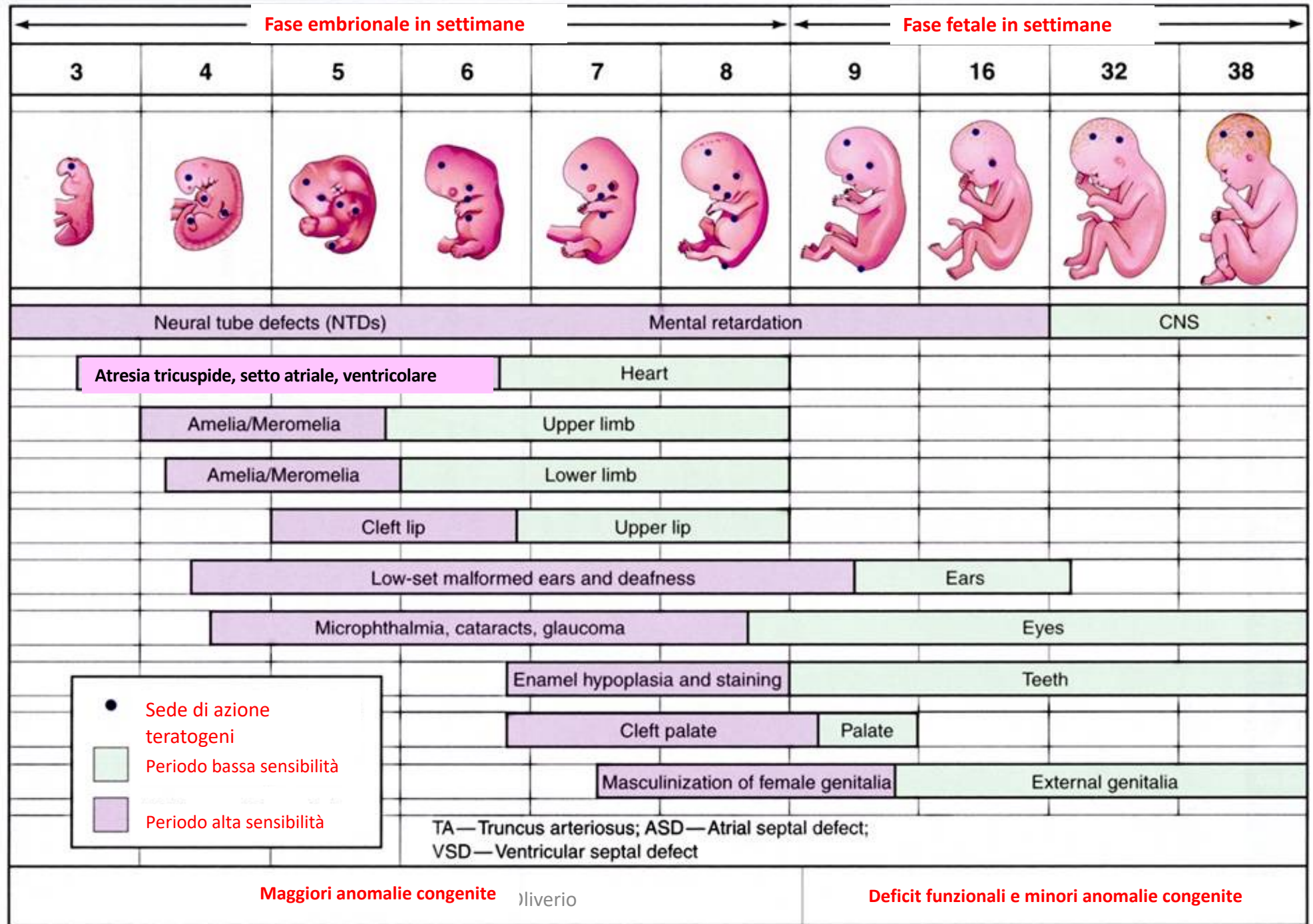
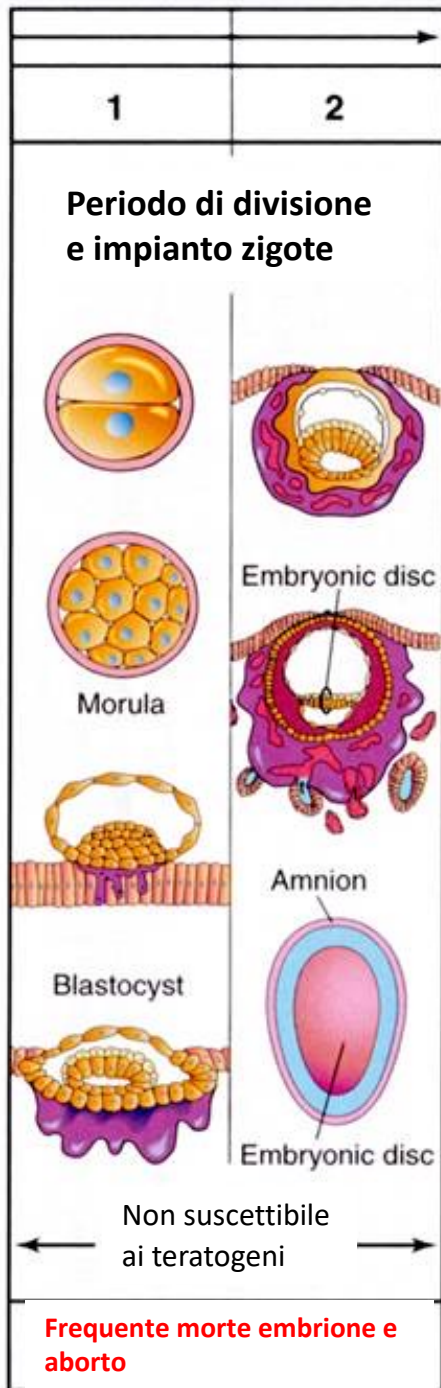
La migrazione dei neuroni dalla zona ventricolare (VZ) alla placca corticale (CP) viene bloccata da RhoA, un regolatore negativo della migrazione neuronale. Normalmente RhoA viene bloccato dalla contactina, una molecola essenziale per lo sviluppo del sistema nervoso. Un'alterata migrazione neuronale e/o alterazioni della connettività sono state descritte in forme di autismo (Alarcon et al 2008; Maximo e Kana, 2019).



Chen et al., Front. Mol. Neurosci., 2018

Difetti dello sviluppo in fase embrionale e fetale



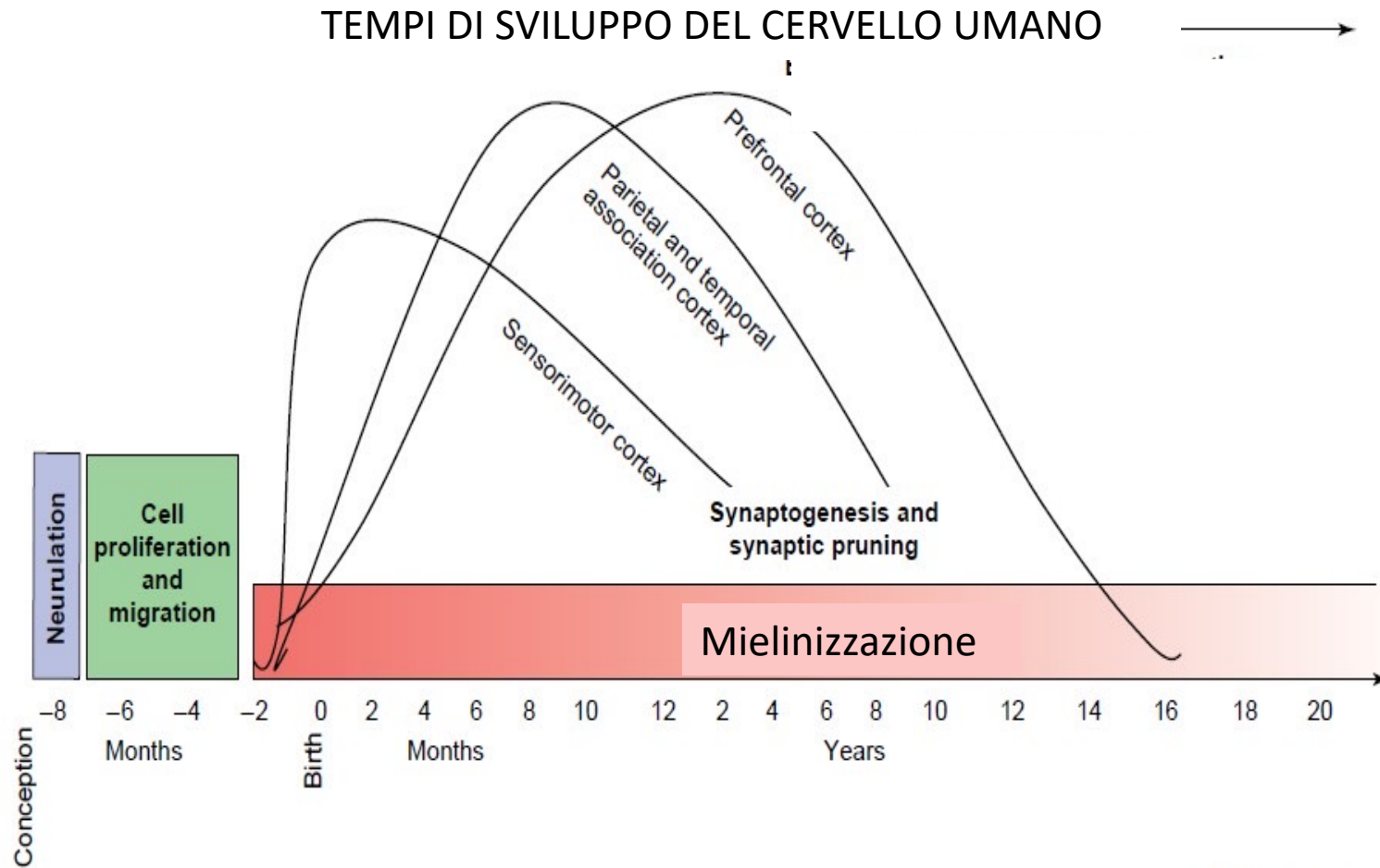


Dal feto al neonato

PERIODO FETALE (dal 9^a settimana di gestazione)
Il feto dalla 9^a settimana di gravidanza è capace di succhiare e inghiottire; il corpo inizia a distendersi e la madre inizia ad avvertire i movimenti del feto.
Negli ultimi tre mesi di gravidanza i muscoli si rivestono di uno strato di grasso e lo scheletro si irrobustisce utilizzando quasi tutto il calcio e ferro assunto dalla madre.



Lo sviluppo del cervello



TRENDS in Cognitive Sciences Casey et al., 2005

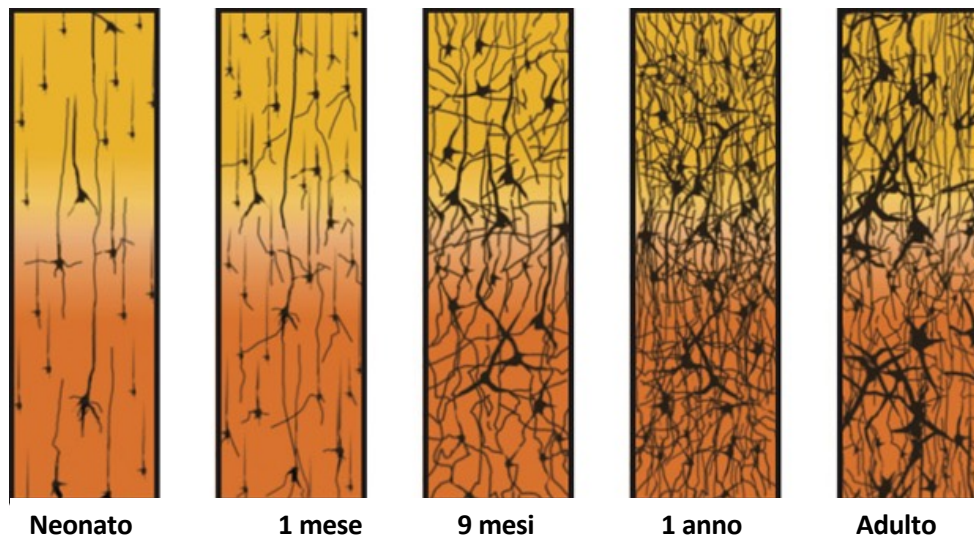
Il cervello infantile è organizzato dalla nascita ma col tempo la sua struttura si modifica profondamente.

Il cervello è organizzato dalla nascita. Contiene conoscenze innate e sofisticati programmi per l'apprendimento.

L'ambiente «innesca» alcuni comportamenti tipicamente umani, come il linguaggio ma ci rende anche capaci di funzioni che ci siamo «inventati» come la scrittura.

E' l'ambiente a dare forma al cervello agendo sulla sua plasticità.

Nei primi due anni di vita i cambiamenti della struttura del cervello sono imponenti.



Durante la crescita la trama nervosa diviene sempre più ricca, i neuroni si mettono in contatto gli uni con gli altri. E' l'ambiente che, in gran parte, promuove questi cambiamenti.

Sviluppo della sostanza grigia

La sostanza grigia aumenta nel corso del primo anno e riguarda soprattutto le *aree corticali sensorimotorie* (frontali superiori, temporali inferiori e parietali). Anche la maturazione dell'**ippocampo** (posteriore) che consente di formare delle *rappresentazioni mnestiche*, prosegue tra i 4 e i 24 anni, il che contribuisce alla formazione dei ricordi

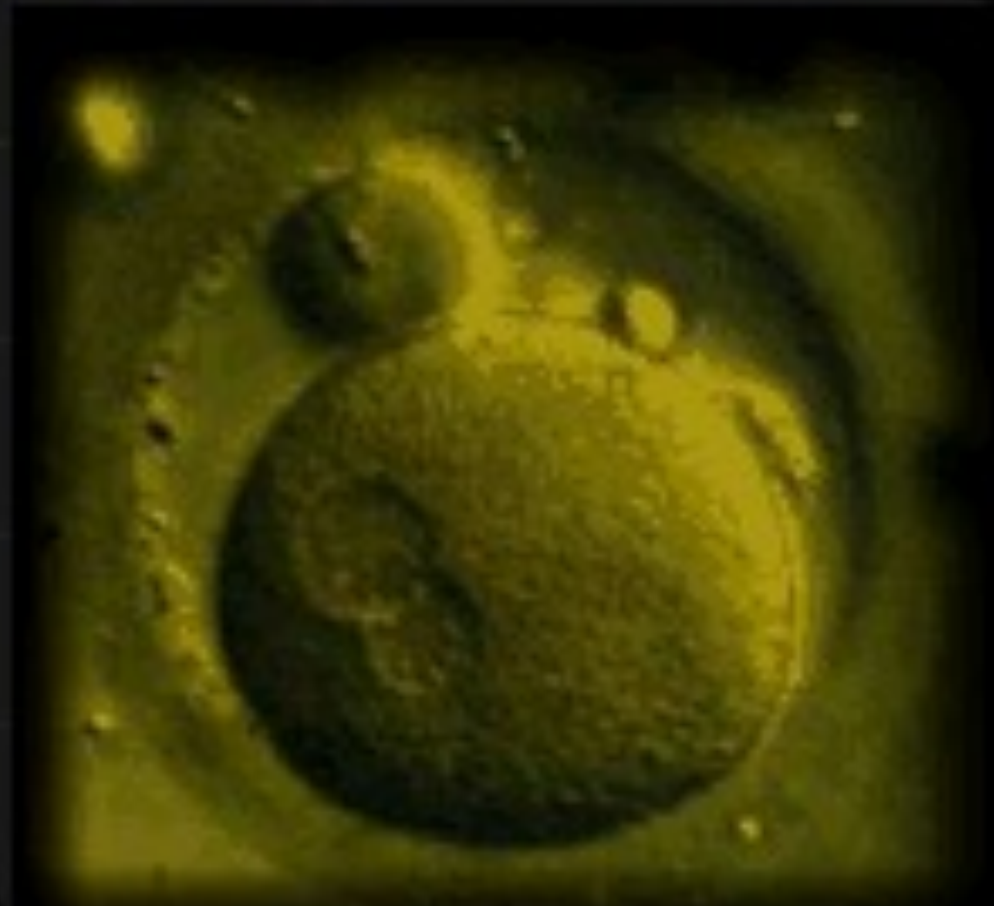


2. Embrione e feto: dalla morula alla nascita

ACTUAL SIZE: 0.1- 0.15 mm



24 ore



Alberto Oliverio

ACTUAL SIZE: 0.1- 0.2 mm



2 giorni

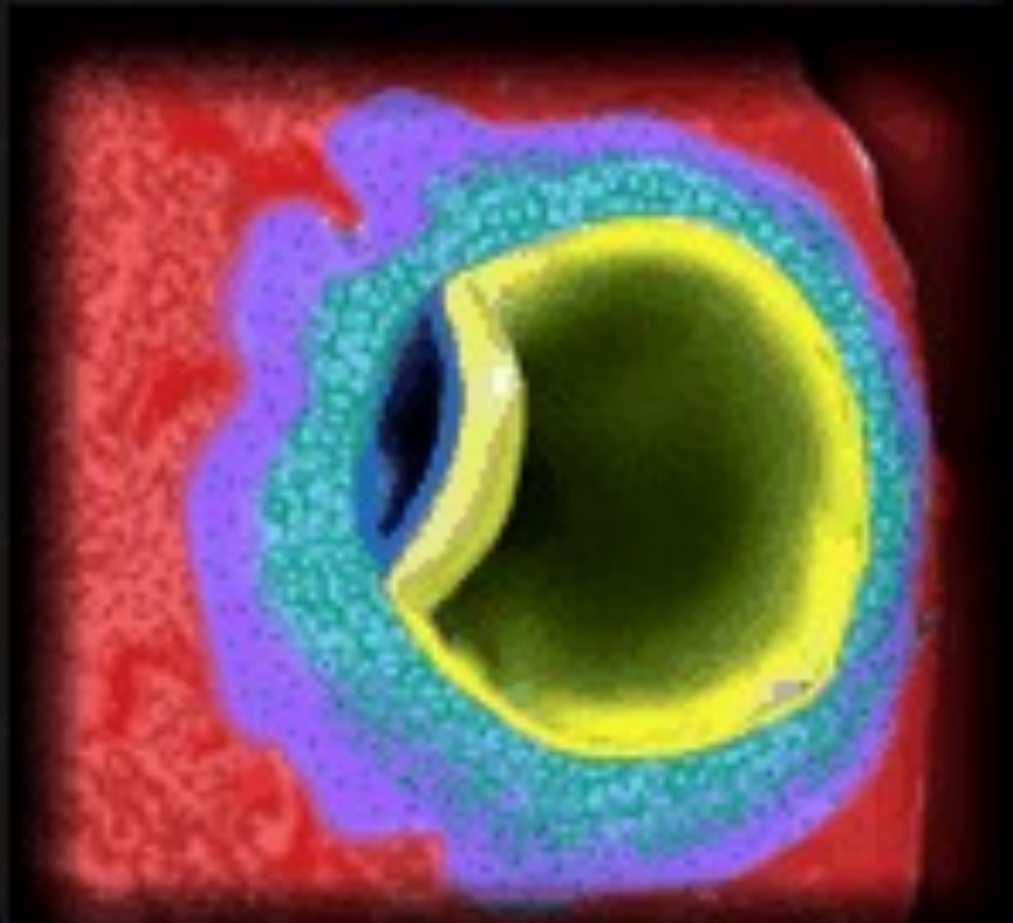


Alberto Oliverio

ACTUAL SIZE: 0.1-0.2mm



**10 giorni
impianto uterino,
afflusso sangue**



Alberto Oliverio

ACTUAL SIZE: 0.2 mm



13 giorni
sistema circolatorio



ACTUAL SIZE: 0.4mm



16 giorni
neurulazione



ACTUAL SIZE: 1.5-3.0mm

22 giorni
tubo neurale



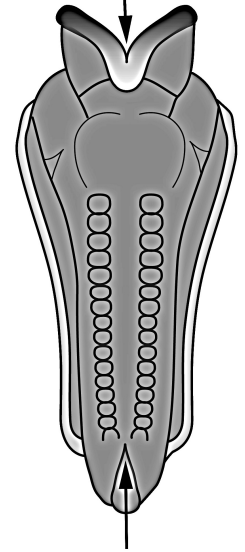
ACTUAL SIZE: 3.0-5.0mm

22 giorni
chiusura neuròpori



Alberto Oliverio

Cranial Neuropore



Caudal Neuropore

Neuròpori:

Spina bifida, si verifica quando il **neuroporo caudale** non si chiude completamente. La mancata chiusura del **neuròporo anteriore** comporta **anencefalia**

ACTUAL SIZE: 5.0-7.0m m



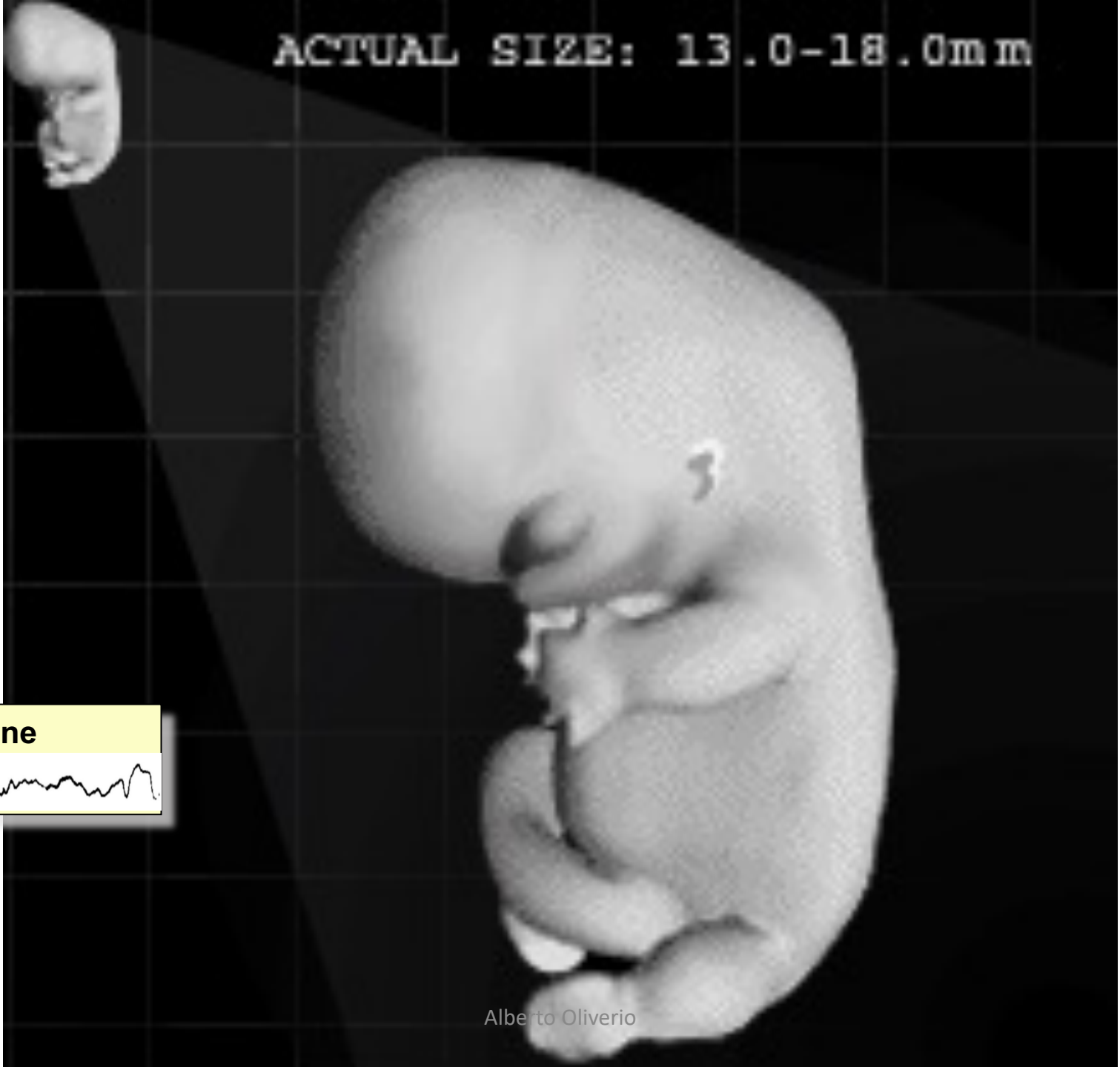
**4 settimane
crescita cervello**

ACTUAL SIZE: 9.0-11.0m m



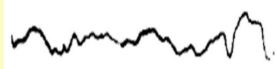
**6-8 settimane
emisferi cerebrali**

ACTUAL SIZE: 13.0-18.0mm



7 settimane

EEG



ACTUAL SIZE: 15.0-20.0m m

8 settimane
movimenti spontanei

ACTUAL SIZE: 23.0-26.0m m



**8 settimane
pigmenti retina,
orecchie**

3. Dalle esperienze fetali alle funzioni motorie neonatali

Alcuni comportamenti si strutturano durante la vita prenatale.



• **Movimenti fetali**

- La motricità si sviluppa sin dalla vita embrionale.
- Sesta-settima settimana di gestazione: movimenti lenti, vermicolari del corpo dell'embrione, legati alla pulsazione del cuore e dei vasi in via di formazione.
- Ottava-nona settimana: movimenti di flessione ed estensione degli arti e del corpo, anche non ancora sufficienti a far cambiare posizione all'embrione.
- Decima settimana: il feto si distende nel sacco amniotico e compie salti verso l'alto. Questi movimenti a scatto, permettono al feto di cambiare posizione.
- Diciottesima settimana: movimenti di rotazione del capo e del tronco e movimenti degli arti, utili a favorire il cambio di posizione.
- Dalla ventesima settimana in poi si sviluppano gli "automatismi primari": locomozione fetale (pratica motoria) e propulsione fetale (facilitazione del parto attraverso stimolazione uterina).

- **Riflessi e attività sensoriali del feto**

- preensione, (terzo e quarto mese) flessione di tutte le dita in seguito a pressione sul palmo della mano.
- di Moro (settimo mese di gestazione), apertura delle braccia estese e nella successiva chiusura
- movimenti oculari (dalla 28a settimana) (dopo la nascita uno stimolo visivo o sonoro provocano un movimento dello sguardo in quella direzione)
- udito fetale (dal 7° mese)
- suzione (ottavo mese) indotto dalla stimolazione della superficie interna delle labbra

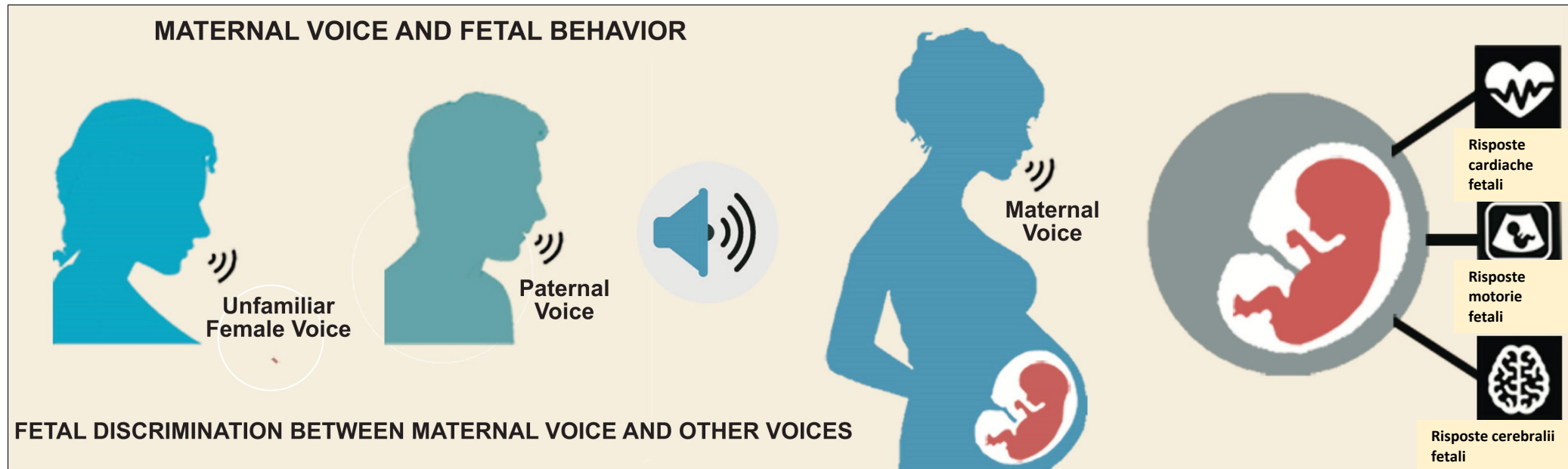
Le preferenze alimentari di un bambino hanno inizio nel ventre materno.

A partire dalla 15°-16° settimana il feto inghiotte una maggiore quantità di liquido amniotico se è dolce piuttosto che amaro. Se la madre pratica una dieta con aglio durante la gravidanza, il figlio dimostrerà una preferenza per l'aglio.

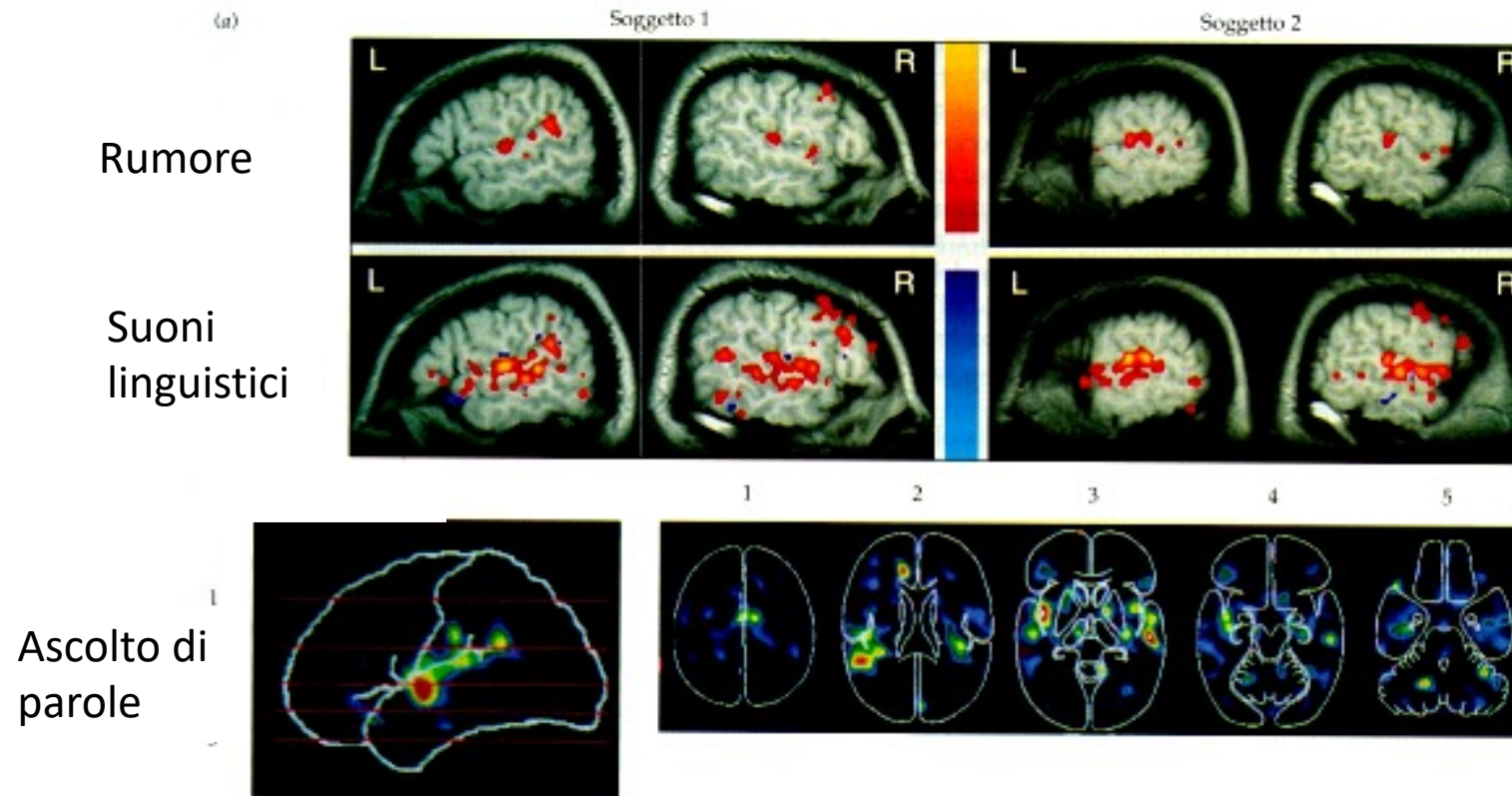


L'udito fetale

A partire dalla 28° settimana (settimo mese circa) il feto risponde selettivamente alla voce materna: si modificano il ritmo cardiaco, i movimenti fetali e le risposte cerebrali (modifiche dell'attività ERP)



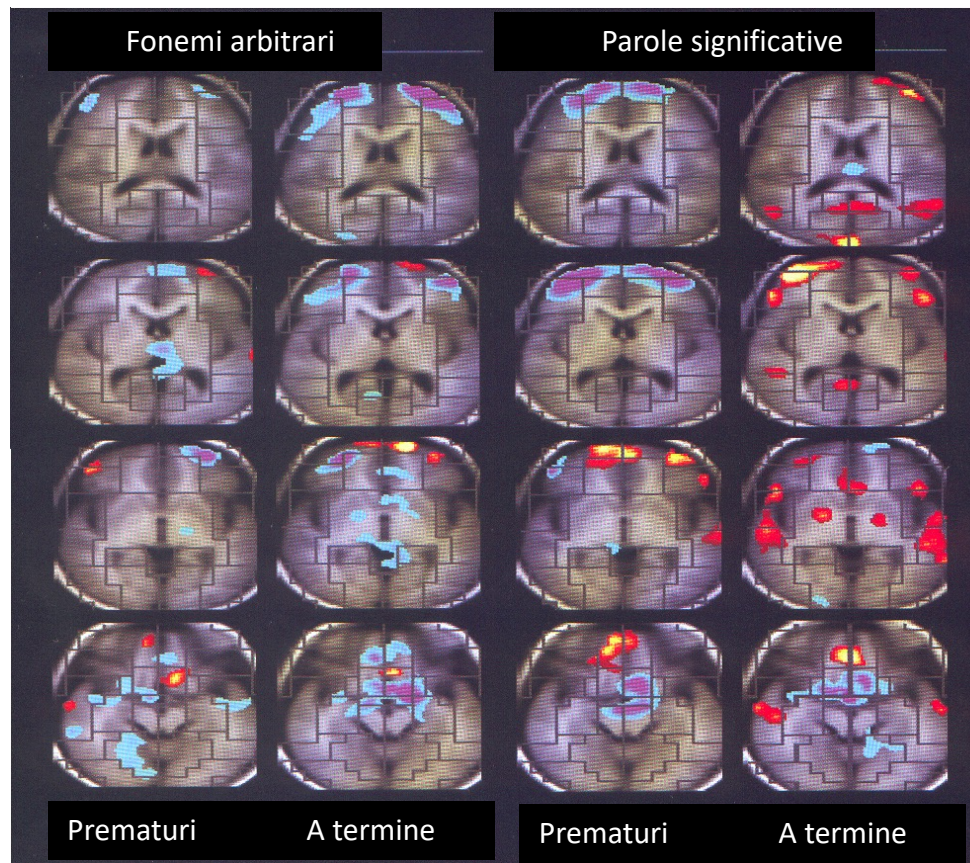
Il cervello discrimina tra rumore e suoni linguistici



ELABORAZIONE DEL LINGUAGGIO

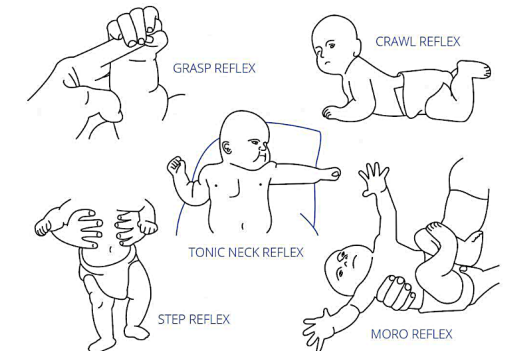
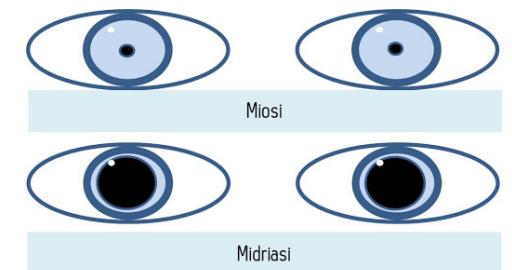
I **prematuri** hanno più problemi a elaborare il linguaggio rispetto a quelli nati a termine. Le due colonne a sinistra mostrano l'attività cerebrale di bambini nati prematuri e a termine che ascoltano sequenze arbitrarie di fonemi, o parole senza senso; le due colonne a destra indicano l'attività del cervello di bambini che ascoltano parole significative.

L'attività cerebrale dei bambini prematuri che ascoltano parole significative assomiglia a quella dei bambini normali che ascoltano parole senza senso.



4. Meccanismi di apprendimento

Il neonato competente 1



Le innovazioni metodologiche hanno consentito di mettere in evidenza capacità che le prime ricerche non avevano colto. Dall'immagine di essere un essere inetto e passivo, si è passati a quella di un neonato dotato di un ricco repertorio di capacità specializzate grazie alle quali può interagire con l'ambiente.

Alla nascita il bambino è dotato di un repertorio di schemi comportamentali che gli consentono di interagire con l'ambiente, e che comprendono **riflessi**, **azioni congenitamente organizzate**, **stereotipie ritmiche**.

I **RIFLESSI** sono reazioni automatiche e stereotipate a particolari stimoli. Es. dilatazione delle pupille in funzione della variazione della luce.

Il neonato competente 2

Alcuni riflessi permangono per tutta la vita (es. riflesso pupillare, starnuto, sbadiglio...); altri, detti i **riflessi neonatali**, spariscono completamente durante i primi mesi di vita.

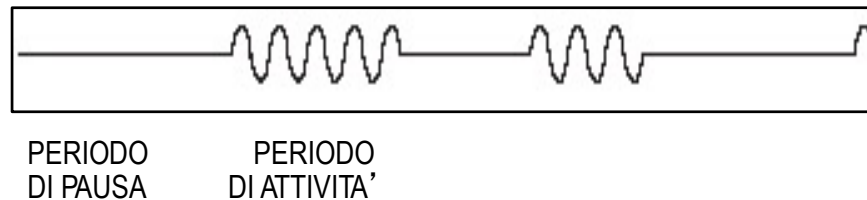
I riflessi neonatali hanno un **valore adattativo**: nel corso dell'evoluzione sono serviti al bambino per la sopravvivenza.

I riflessi sono importanti per stabilire il normale sviluppo neurologico del bambino. L'assenza di questi è spesso sintomo di un danno al sistema nervoso centrale.

Meccanismi di apprendimento

La Tecnica della Suzione Nutritiva

Utilizzando come rinforzo positivo una soluzione di acqua zuccherata, bambini di pochi giorni di vita apprendono a modificare la pressione e la frequenza del ritmo della suzione nutritiva al fine di ottenere il rinforzo (Sameroff, 1968; Sequeland, 1968).



Meccanismi di apprendimento

Associazione

A partire dai 2 mesi i bambini possono apprendere la **relazione** tra il movimento della loro gamba e il movimento conseguente di una giostrina appesa sopra il lettino è una forma di condizionamento operante:

il bambino apprende **la relazione** tra un **comportamento spontaneo** (muovere la gamba in un certo modo) e **il rinforzo visivo** (movimento della giostrina)

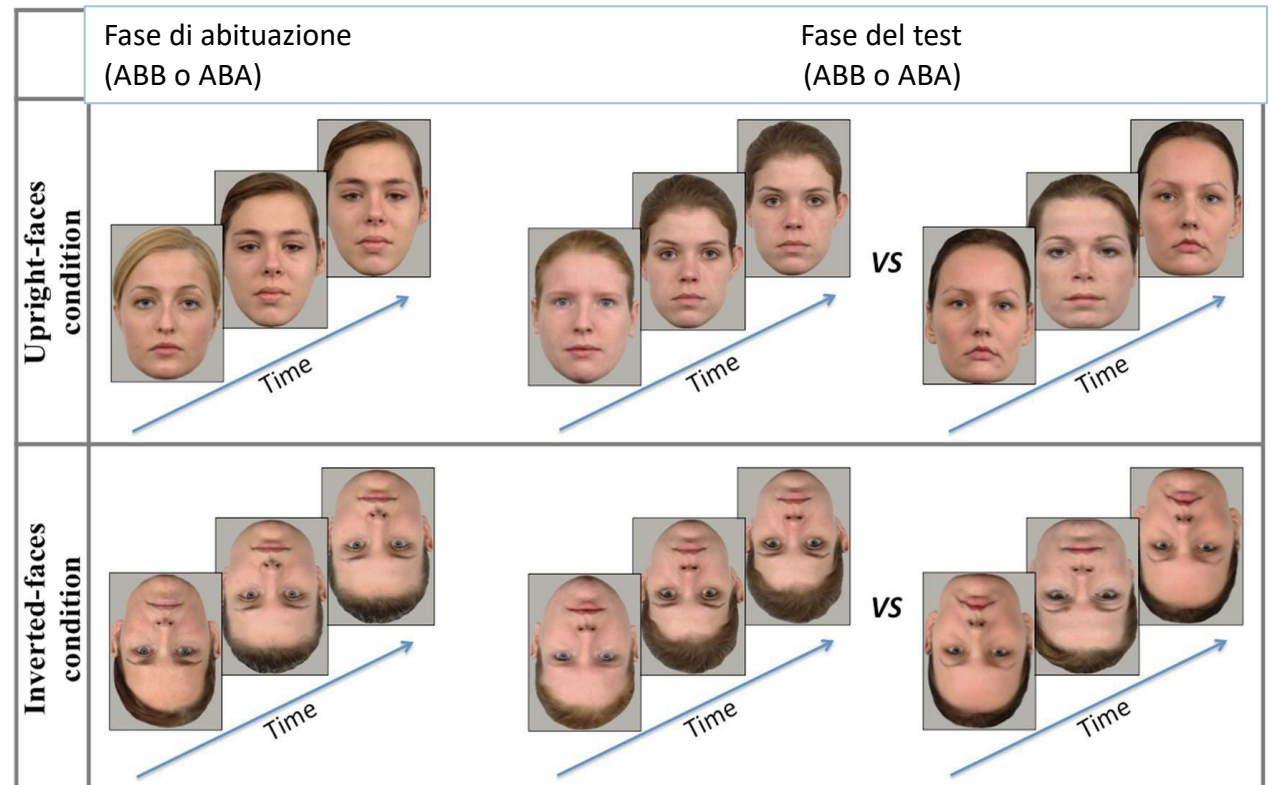
Figure 5.5 Rovee-Collier's Study of Infant Memory



Meccanismi di apprendimento

Abituazione

Con questo termine si indica il graduale attenuarsi dell'intensità, durata o frequenza di una risposta fisiologica o comportamentale alla ripetuta presentazione di uno stimolo. L'abituazione viene considerata come un'indicazione del fatto che il neonato ha immagazzinato in memoria delle informazioni sullo stimolo e quindi distoglie da esso la propria attenzione.



Bulf et al., 2015

Meccanismi di apprendimento

Imitazione

Fino a qualche decennio fa si pensava che l'imitazione fosse una capacità dei bambini più grandi; tuttavia, **Andrew Meltzoff** ha messo in discussione questa credenza a partire dagli anni '70, in cui ha condotto una serie di esperimenti in cui ha dimostrato che anche i neonati di pochi giorni sono in grado di imitare.



Meltzoff & Moore, 1977

Meccanismi di apprendimento

Imitazione

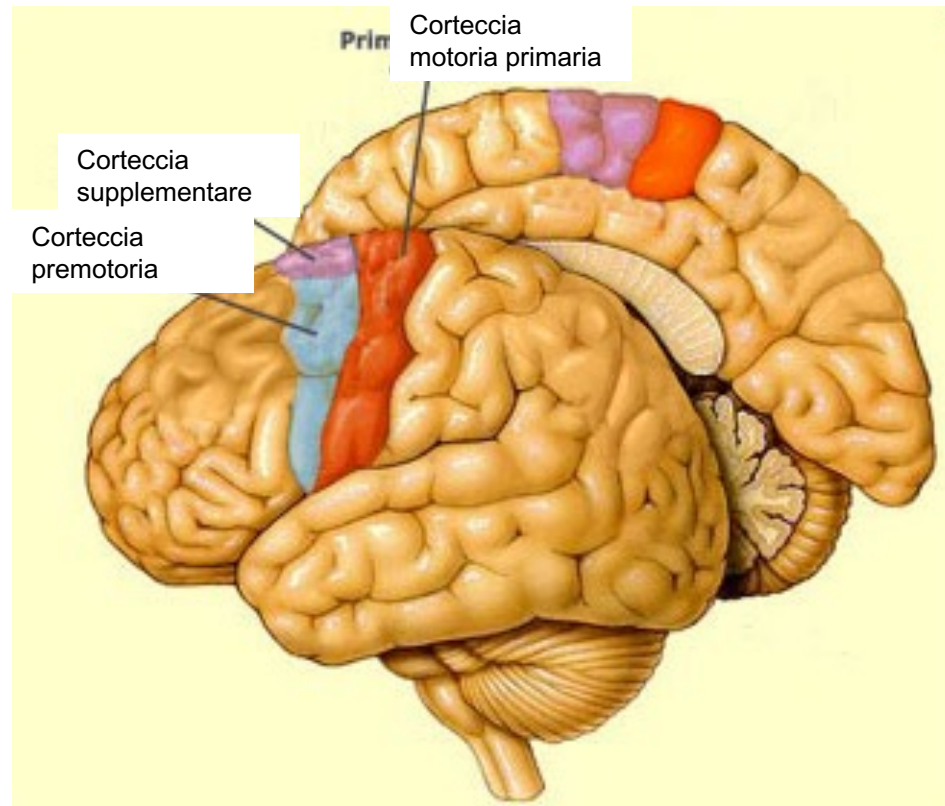
L'imitazione è la riproduzione di movimenti, atteggiamenti, di un modello. **A partire dal secondo anno di vita, l'imitazione è esplicitamente visibile nella maggior parte dei bambini**, che ripetono quello che viene detto e fatto da adulti o altri bambini (più grandi di loro).



5. Neuroni specchio

I “neuroni specchio” stabiliscono un ponte tra l’osservatore e l’attore. Sono alla base di quei movimenti imitativi che giocano un ruolo fondamentale nell’intelligenza



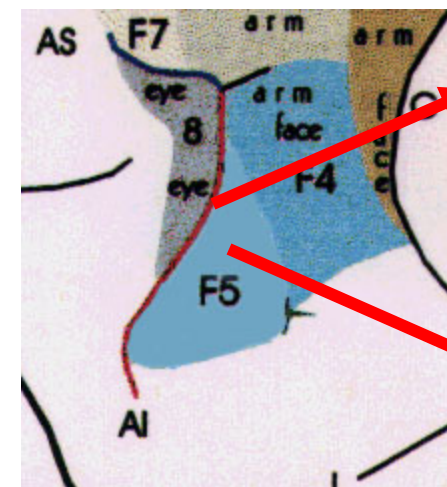
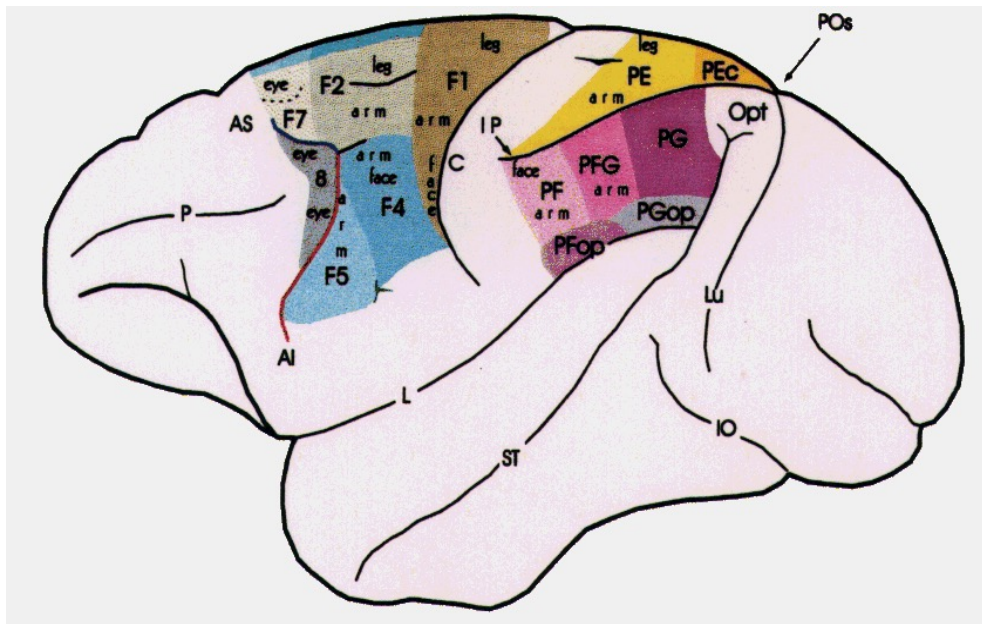


Neuroni specchio

I **movimenti volontari** dipendono dalla **corteccia motoria primaria** da cui partono gli ordini per i muscoli. Il movimento viene “**preparato**” dalla **corteccia premotoria** e **supplementare**. Nella corteccia premotoria sono localizzati i **neuroni-specchio** che entrano in funzione quando osserviamo un’altra persona compiere semplici azioni motorie.

Neuroni specchio.

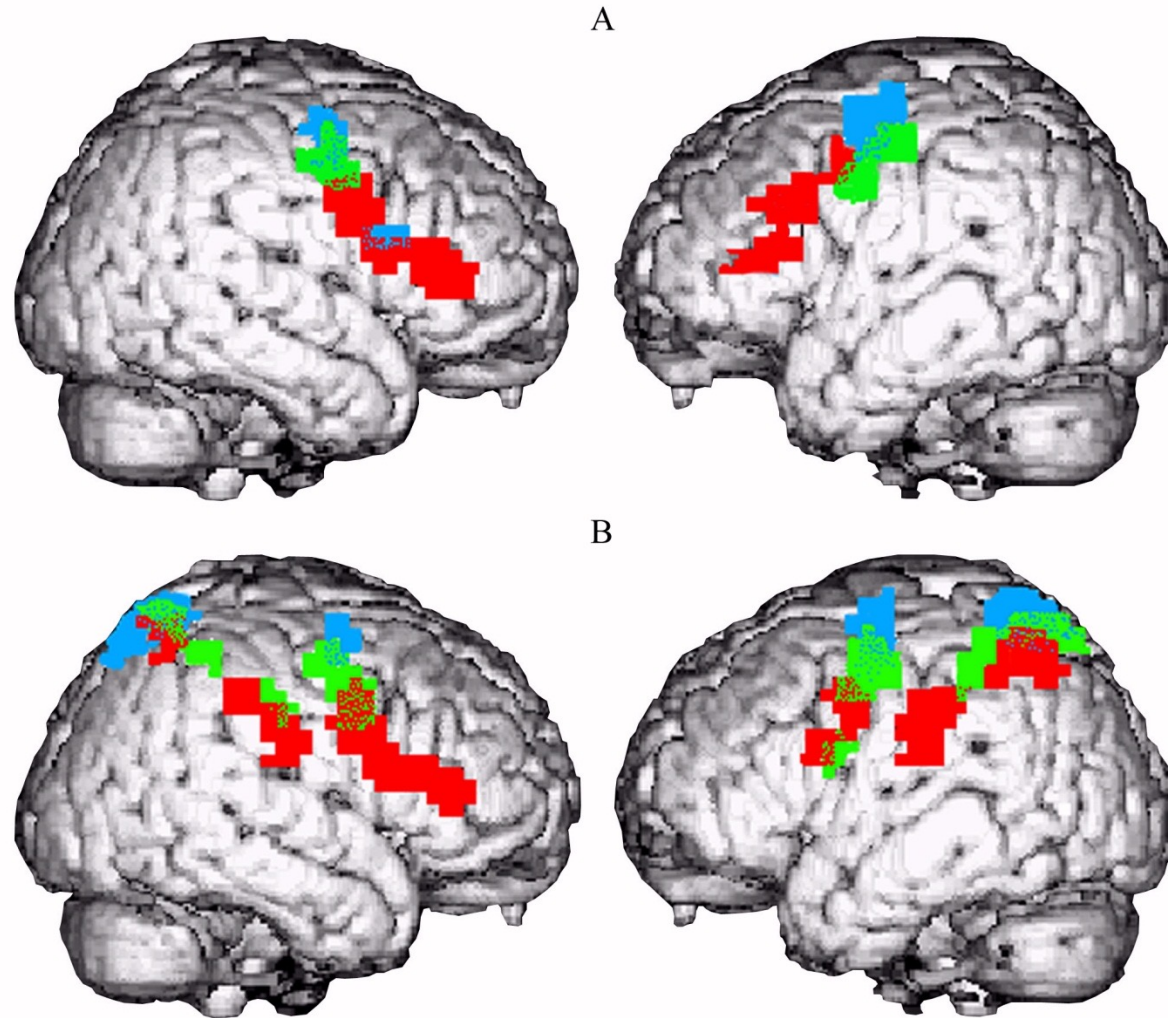
Quando osserviamo un movimento si attiva una parte della nostra corteccia che si prepara ad eseguirlo



Area marginale
della corteccia
premotoria F5:
neuroni normali

Area centrale
della corteccia
premotoria F5:
Mirror neurons

Imitazione e apprendimento: i neuroni specchio



- osservazione di una bocca che afferra vs di una bocca statica ■
- osservazione di una mano che afferra vs di una mano ferma ■
- osservazione di un piede che schiaccia vs di un piede fermo ■



Meltzoff e Moore, 1983

Comprendiamo un'azione in quanto la sua rappresentazione motoria è attiva nel nostro cervello.

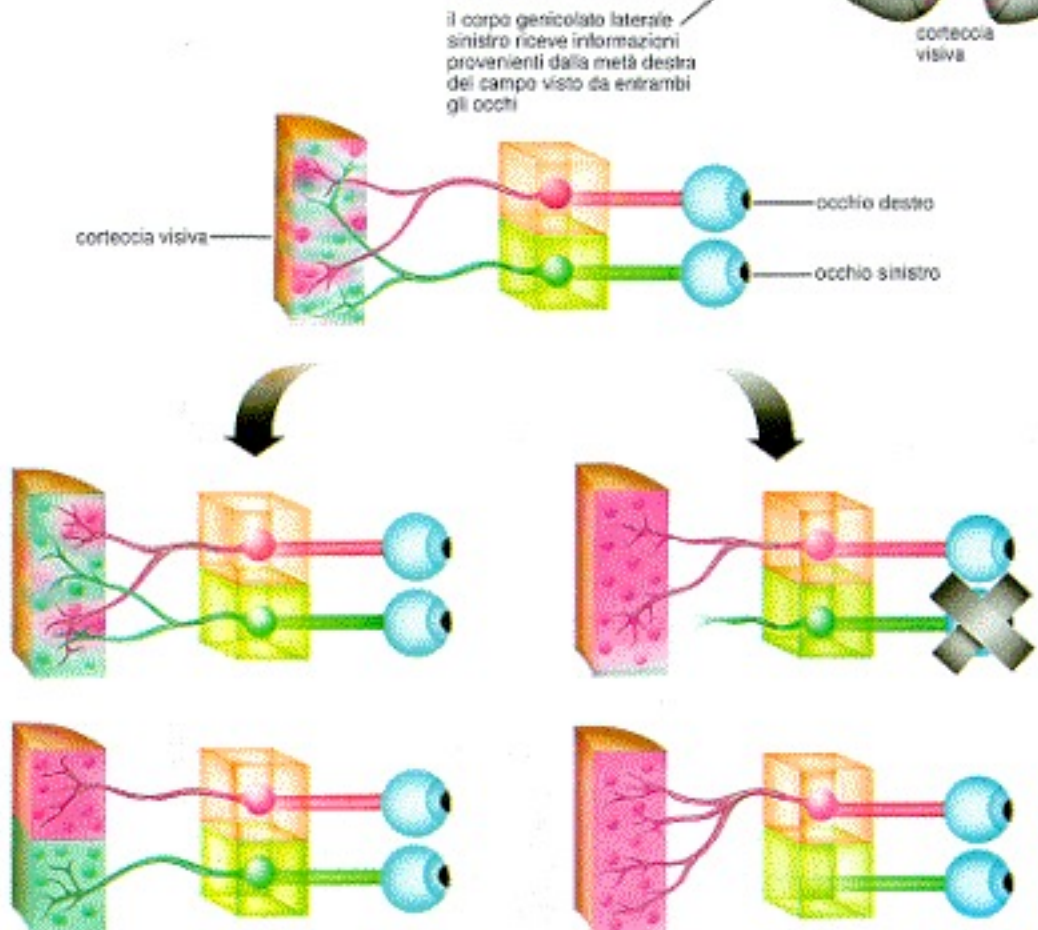
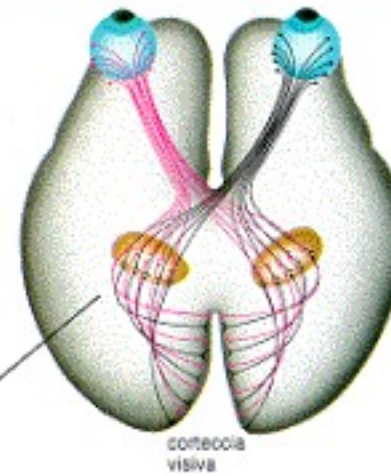
6. Plasticità

L'esperienza induce modifiche
della struttura cerebrale

Gli studi di Hubel e Wiesel sulla corteccia visiva

A destra: uno schema dell'incrocio delle fibre nervose della vista nel «chiasma ottico».
In basso: un'illustrazione sul diverso destino delle fibre ottiche in seguito a trattamenti nell'età dello sviluppo, secondo le ricerche di Hubel e Wiesel. Ogni punto particolare della retina di un occhio, invia le sue informazioni in una zona

del IV strato della corteccia visiva, così come il punto corrispondente dell'altro occhio occupa una zona vicina della stessa corteccia in una struttura «a colonne». (disegno a sinistra).
Ma se (a destra) nei primi mesi di vita, un occhio viene bendato, la struttura a colonne scompare in quanto l'occhio funzionante occupa tutta la corteccia disponibile.



Alberto Oliverio

FRANCESCO

Plasticità corticale.

Le aree della corteccia visiva sono formate da 6 strati di cellule, adatte a elaborare selettivamente gli stimoli visivi.

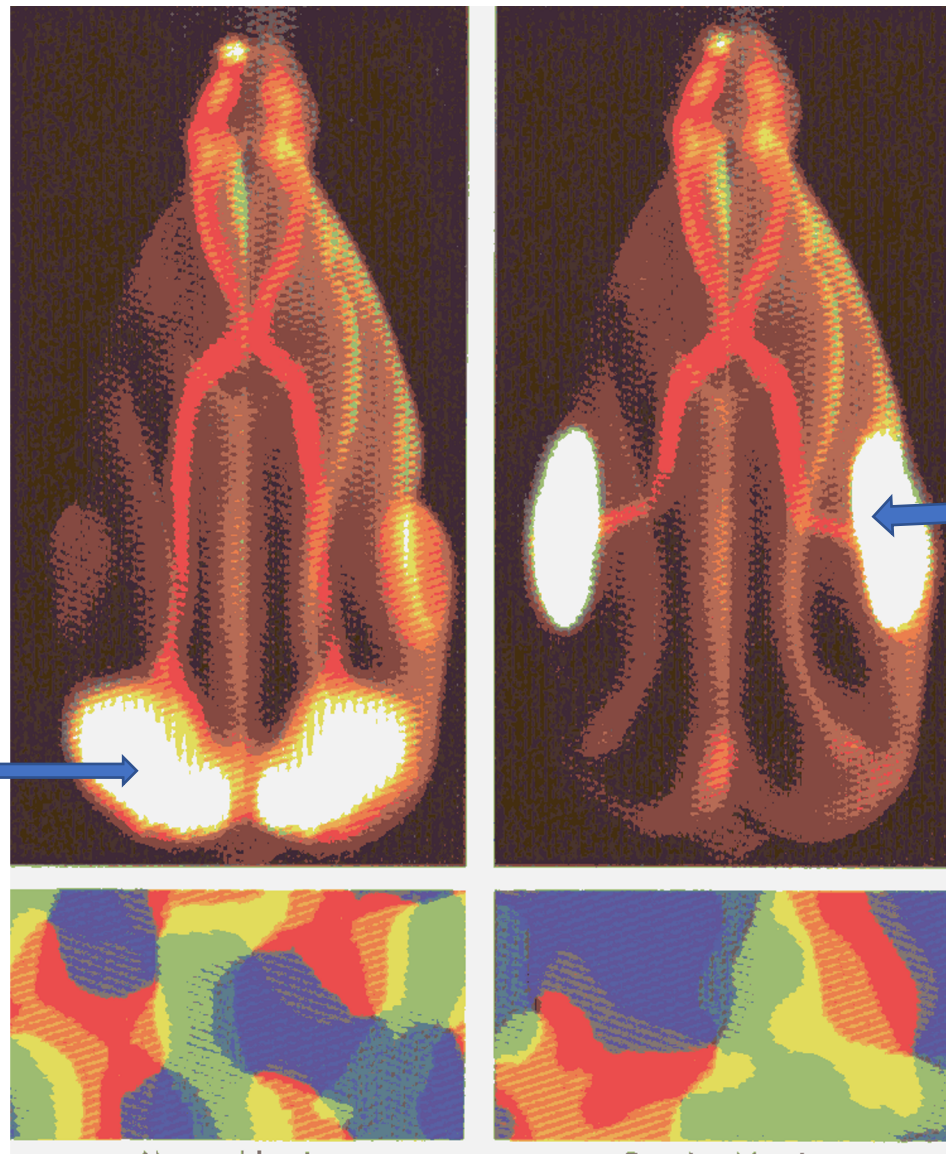
Questa capacità dei neuroni non è però rigidamente determinata dai geni, come indicano le ricerche di **Mriganka Sur** sul cosiddetto “ricablaggio” del cervello nei furetti, basato sul connettere le vie visive con la corteccia uditiva attraverso l’impianto di un nervo che fa da “ponte”.

Una volta effettuato il ricablaggio durante la fase fetale, la corteccia uditiva si era trasformata in visiva, nel senso che era in grado di reagire a segnali visivi: tuttavia la mappa visiva era meno accurata e le capacità visive dell’animale “ricablato” sono circa 1/3 di quelle degli animali normali.



L'esperimento di Mriganka Sur

Aree e vie visive prima del ricablaggio



Dopo il ricablaggio la corteccia uditiva risponde agli stimoli visivi e la sua struttura è simile a quella della corteccia visiva.

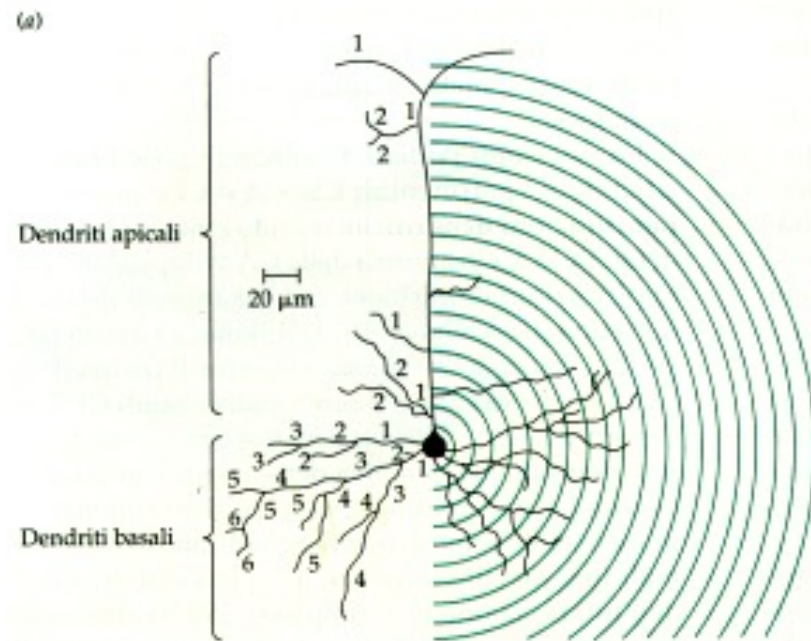
Ambiente arricchito

Una combinazione di stimoli sociali, sensoriali e motori, influisce sulle caratteristiche biologiche e funzionali del SNC

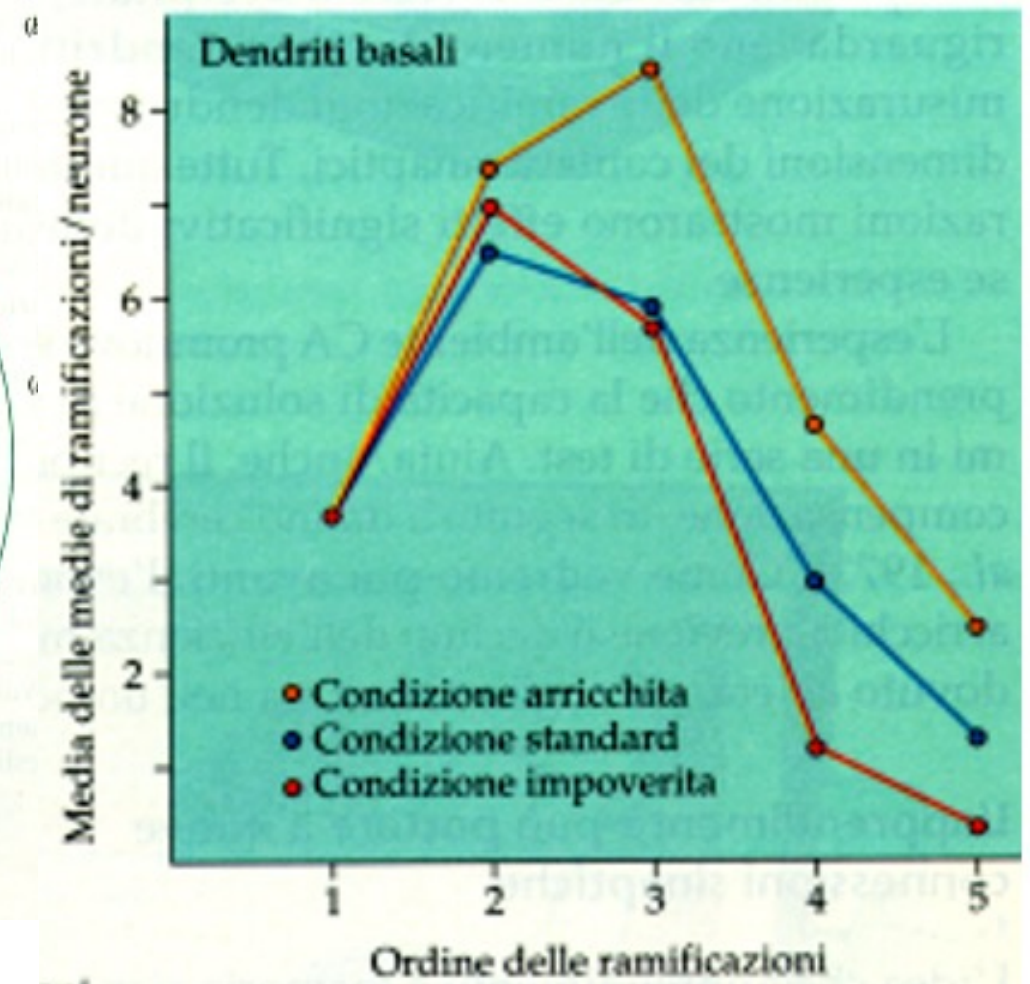
Arricchimento ambientale: modifiche nervose e comportamentali. Gli esperimenti di Rosenzweig, Kretch e Diamond



Aumento dei dendriti basali in seguito ad arricchimento ambientale



Misurazione delle ramificazioni dendritiche



Un periodo sensibile per le modifiche plastiche



- Una finestra di tempo per apportare modifiche
- Il periodo sensibile nel linguaggio
- Neuromodulazione nei giovani cervelli

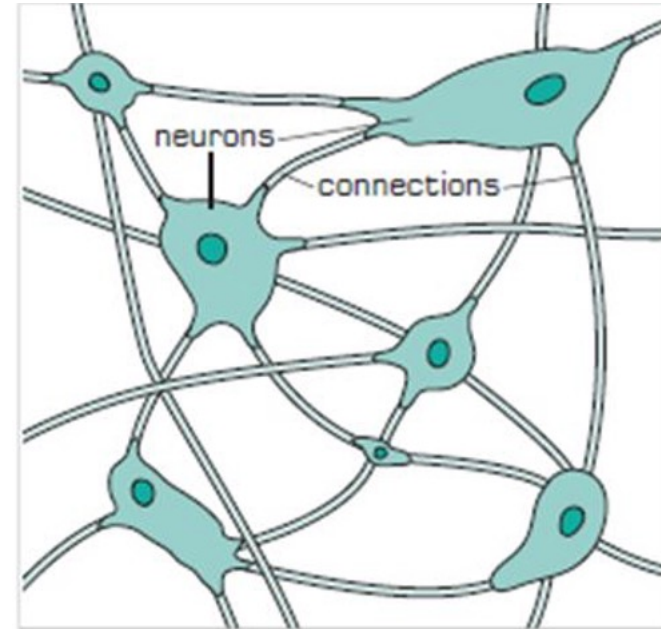
Una finestra temporale per apportare modifiche

- La plasticità è maggiore durante i periodi di sviluppo noti come periodi sensibili.
- Dopo che il periodo sensibile è passato, la plasticità è ancora possibile, ma non così facile.
- Il successo del trattamento dell'ambliopia (occhio pigro) all'inizio della vita è un esempio di questi periodi sensibili.



Plasticità adattiva ed età.

Il cervello infantile ha una notevole plasticità, ben evidente nell'apprendimento linguistico. La crescita e lo sviluppo neurale diminuiscono con l'età. Tuttavia è disponibile un capitale di esperienze...



Nel corso dello sviluppo cerebrale vengono sviluppate nuove connessioni neurali mentre quelle non utilizzate sono potate

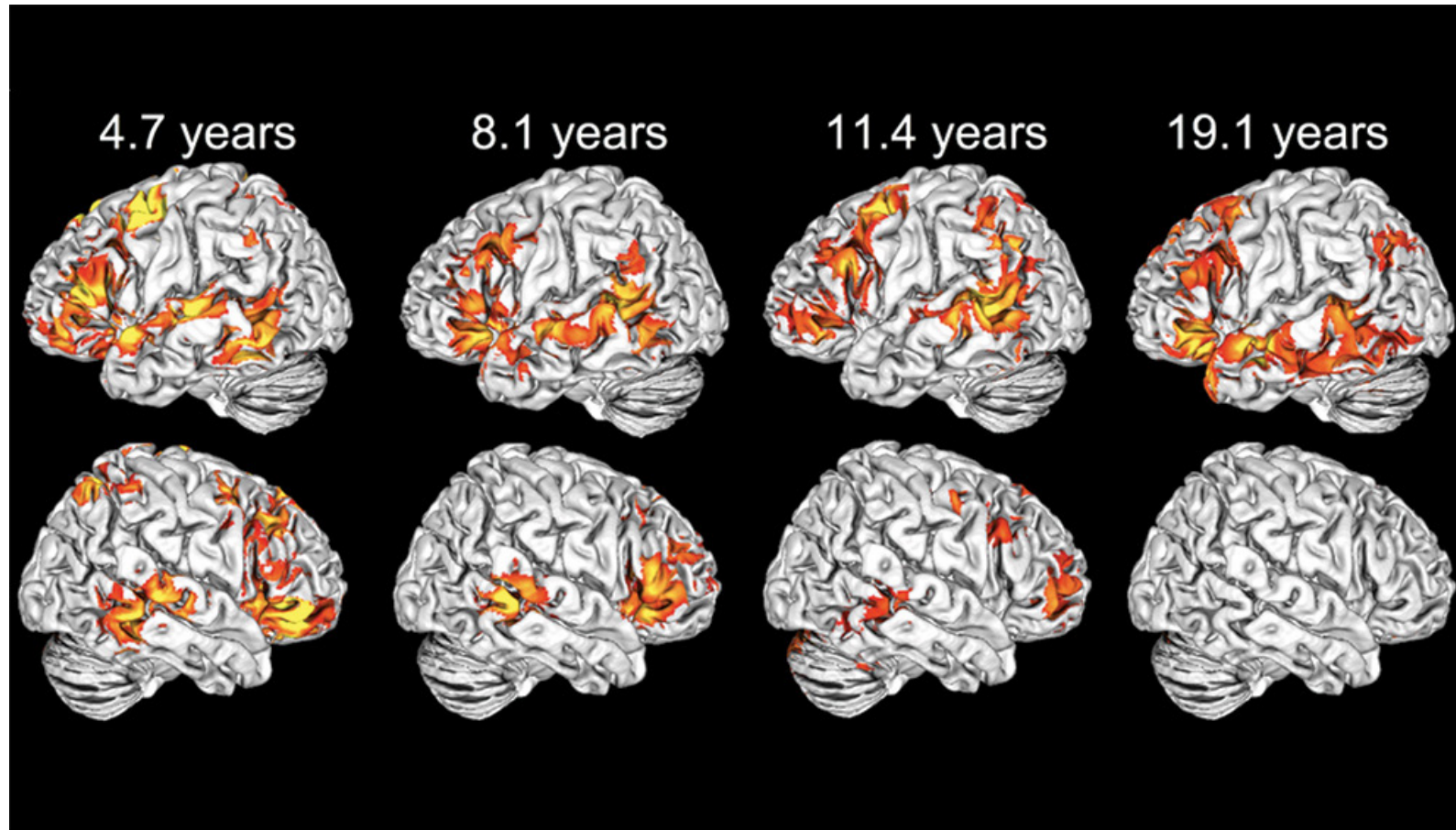
Neuromodulazione nei cervelli giovani

- Negli esseri umani, i giovani hanno una maggiore plasticità cerebrale.
- C'è un compromesso tra plasticità ed efficienza e, man mano che il cervello migliora in alcuni compiti, diventa meno in grado di svolgere altri compiti.

PLASTICITA': I bambini usano entrambi gli emisferi cerebrali per capire il linguaggio, a differenza degli adulti

Emisfero
sinistro

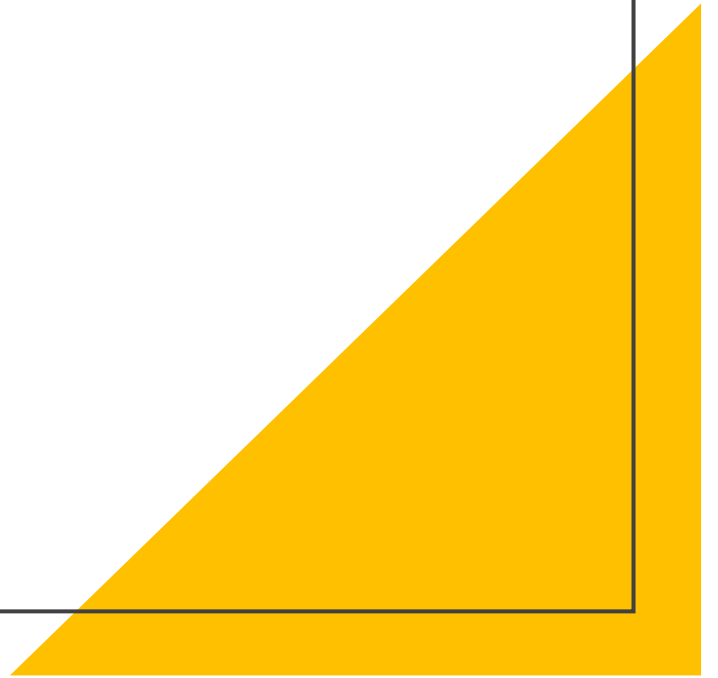
Emisfero
destro



Esempi di mappe di attivazione in diverse fasce d'età. Nell'emisfero destro, una forte attivazione negli omologhi delle aree linguistiche dell'emisfero sinistro è evidente nei bambini più piccoli, diminuisce nel corso dell'età ed è completamente assente nella maggior parte degli adulti.

7. Un cervello impostato su motricità e visione

Motricità



La maturazione motoria: progresso prossimo - distale

0 mesi



Posizione fetale

6 mesi



Siede sul seggiolone, afferra un oggetto che si muove

11 mesi



Cammina se aiutato

1 mese



Solleva il mento

7 mesi



Siede senza appoggio

12 mesi



Si alza per mettersi in piedi appoggiandosi

2 mesi



Solleva il torace

8 mesi



Sta in piedi se aiutato

13 mesi



Sale i gradini

3 mesi



Cerca di afferrare ma non ci riesce

9 mesi



Si tiene in piedi appoggiandosi a un mobile

14 mesi



Sta in piedi

4 mesi



Siede con appoggio

10 mesi



Si trascina

15 mesi



Cammina senza aiuto

5 mesi



Siede sulle ginocchia di qualcuno, afferra gli oggetti

Evoluzione della capacità di afferramento dalla 4° alla 20° settimana



Come aiutare lo sviluppo del movimento volontario e favorire la sperimentazione autonoma del bambino fin dalla nascita.

La pediatra ungherese **Emmi Pikler** suggerisce di coricarlo sulla schiena già dalle prime settimane e porlo solo in quella posizione fino a quando non sarà lui stesso capace di raggiungerne da sé una differente.

La preconditione affinché il bambino possa dedicarsi serenamente alla propria attività di costruzione motoria è che l'adulto si preoccupi di creare un adeguato ambiente.

Per i primi dodici mesi l'ideale sarebbe creare uno spazio con un materassino grande e basso, uno specchio che permetta al bambino di osservare i propri movimenti e, a partire dagli 8-9 mesi, una sbarra fissata alla parete che gli consenta di aggrapparsi con le mani e compiere i primi tentativi di assunzione della posizione eretta.

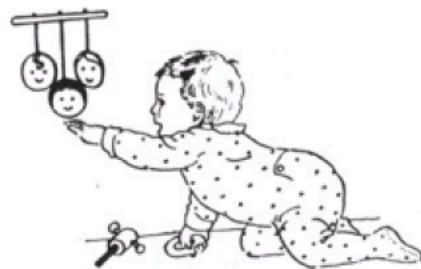
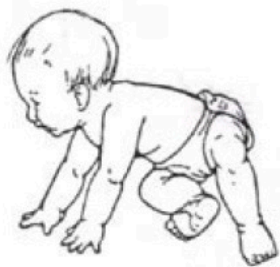
Dal momento in cui il bambino inizia a strisciare, offrirgli alcuni ostacoli bassi sui quali possa provare ad arrampicarsi (ad esempio dei poggiatesta o piccole rampe basse).

Con il tempo e il progressivo sviluppo delle competenze motorie possiamo pensare di offrirgli dislivelli maggiori ma anche oggetti pesanti da spingere.

(da Emmi Pikler)



Figura 3 Attività importanti per la fase 6-9 mesi



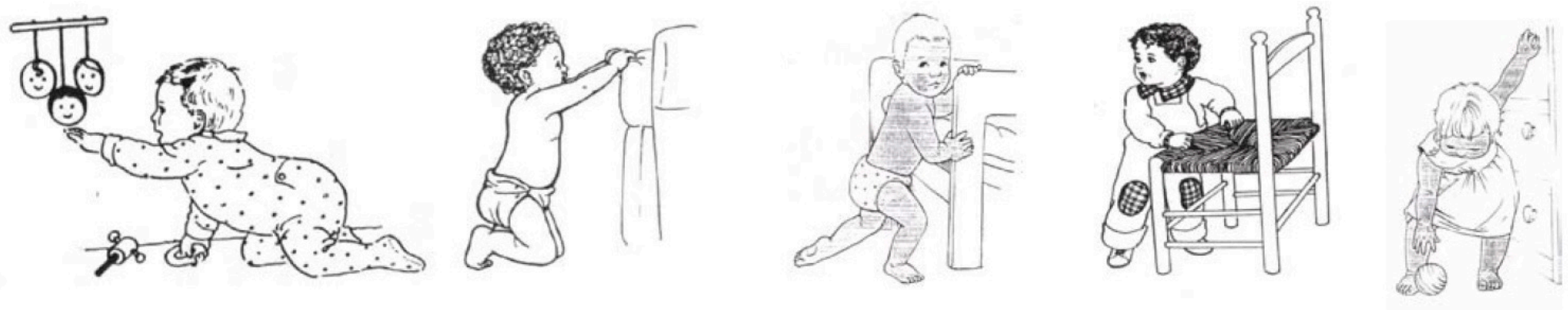
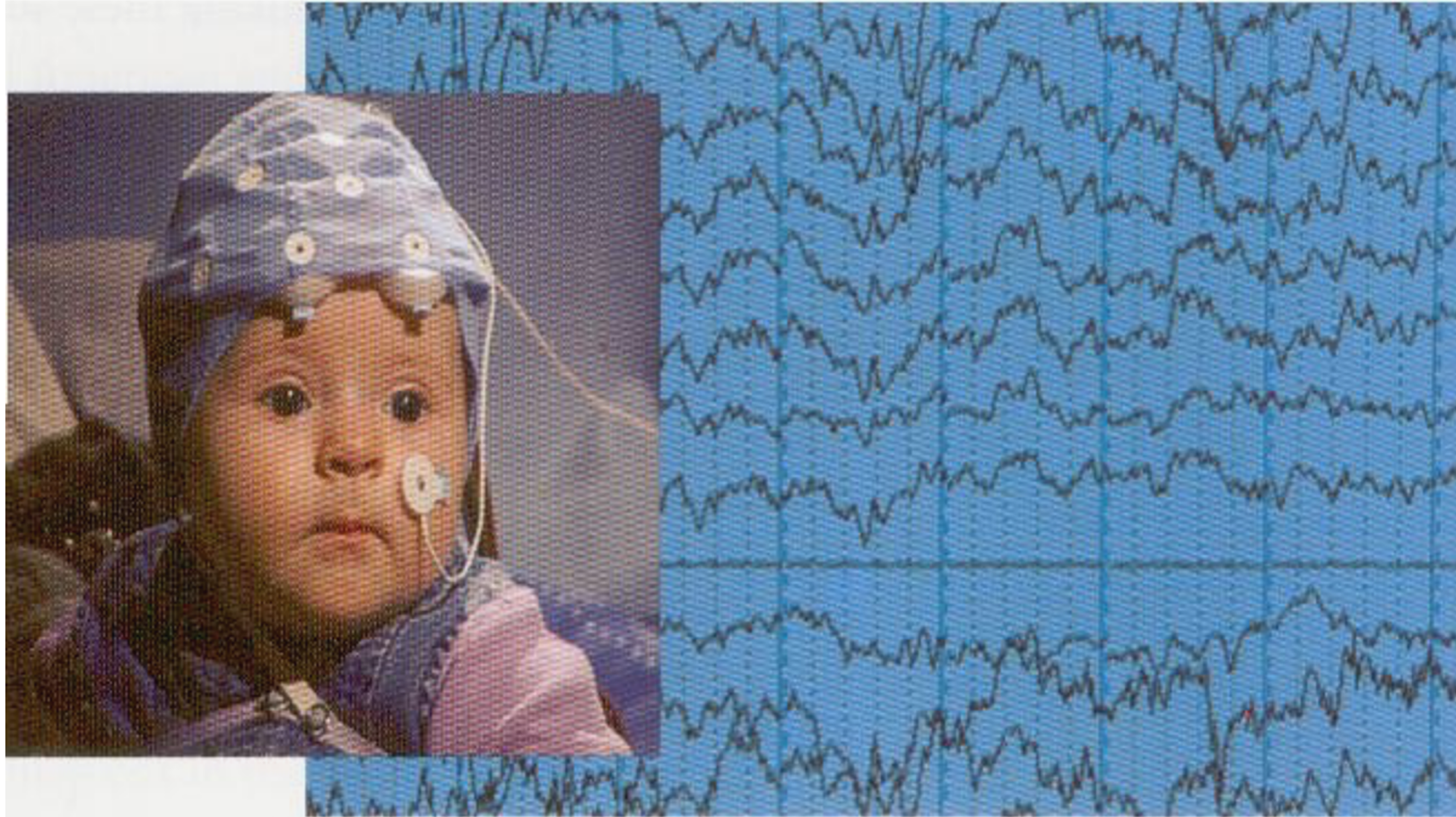


Figura 4 Attività importanti per la fase 9-12 mesi





La registrazione dell'attività elettrica cerebrale permette di comprendere quando un lattante è attento.

Controllo frontale

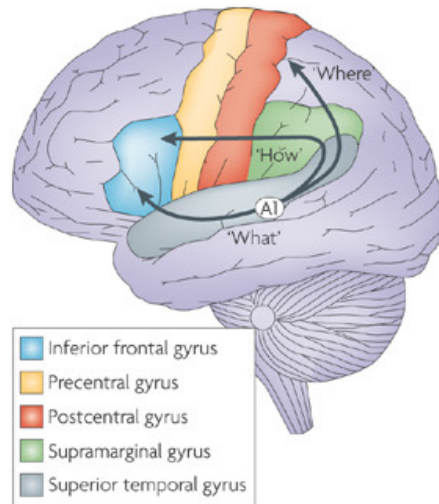
- **6 settimane:** l'attenzione dimostrata da un neonato di nei confronti degli oggetti che appaiono o scompaiono dal loro campo visivo.
- **12 mesi:** comincia a sviluppare la capacità di rappresentarsi la realtà in modo simbolico, grazie allo sviluppo del linguaggio.
- **18-30 mesi:** aumento autocontrollo. Diminuiscono sfuriate e veri e propri accessi d'ira.
- **3-6 anni:** massiccio scatto crescita della corteccia frontale, in concomitanza con lo sviluppo del linguaggio.
- **7-15 anni:** scatto o ondata di crescita dei lobi parietali e temporali, la fase sono più portati per l'apprendimento di altre lingue.
- **16-22 anni:** drastica potatura dei circuiti del lobo frontale, crescente capacità di autocontrollo e di padroneggiare le emozioni.
- **~20 anni:** progressiva riduzione della densità della sostanza grigia e aumento di quella bianca

I movimenti materni.

Il mondo di un neonato è scandito dai movimenti materni
L'azione esercita un profondo effetto sulle strutture cognitive.

I tempi dei movimenti (il prima e il dopo) e le loro conseguenze (nessi di cause e effetto) sono alla base delle categorie temporali e causali delle strutture linguistiche.





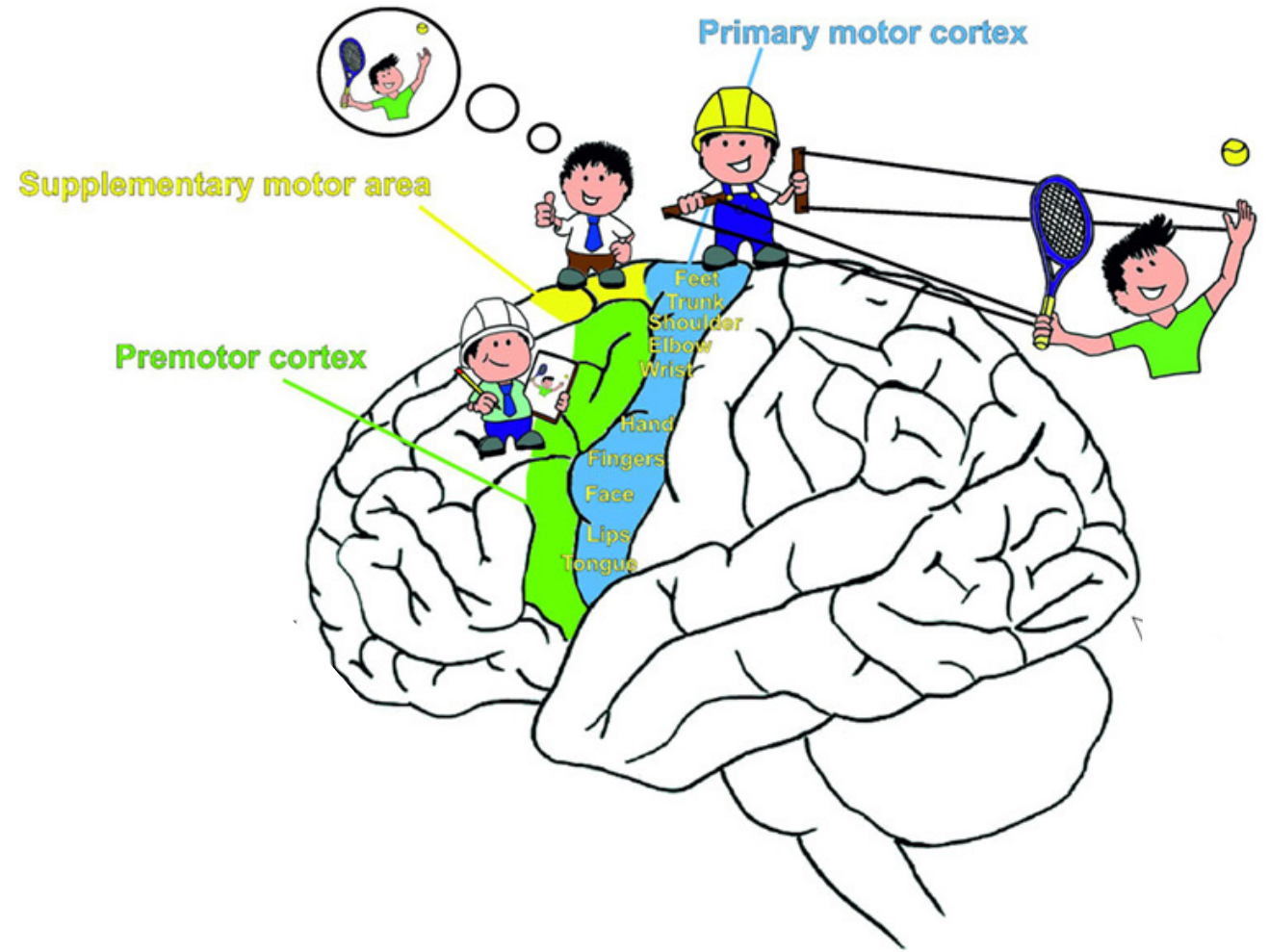
Nature Reviews | Neuroscience

L'importanza dell'azione
(rispetto alla percezione).

L'azione inizia con un'ipotesi sulle conseguenze desiderate di un movimento e poi continua nella sua esecuzione.

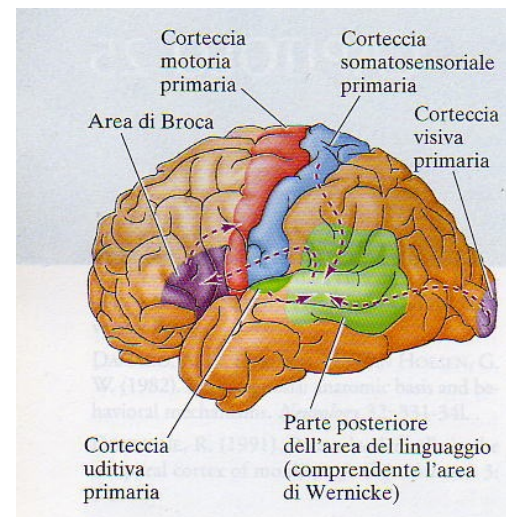
Memoria di lavoro e meccanismi eccitatori e inibitori muscolari sono a capo di ogni azione motoria.

Un'azione è compresa perché la rappresentazione motoria di quell'azione è attivata nel nostro cervello



L'importanza dell'azione.

Nel corso del suo processo evolutivo, il cervello ha bisogno di fare **esperienze tattili e motorie** perché si sviluppino quelle aree sensorimotorie che rappresentano il punto di partenza per la maturazione delle aree superiori, quelle del linguaggio e del pensiero complesso.



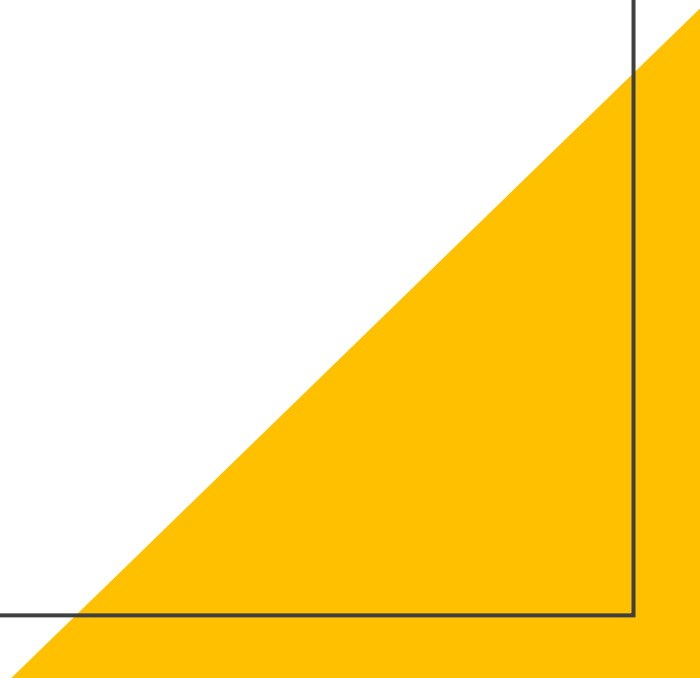


Strategie
evolutive
sinergiche e
globali



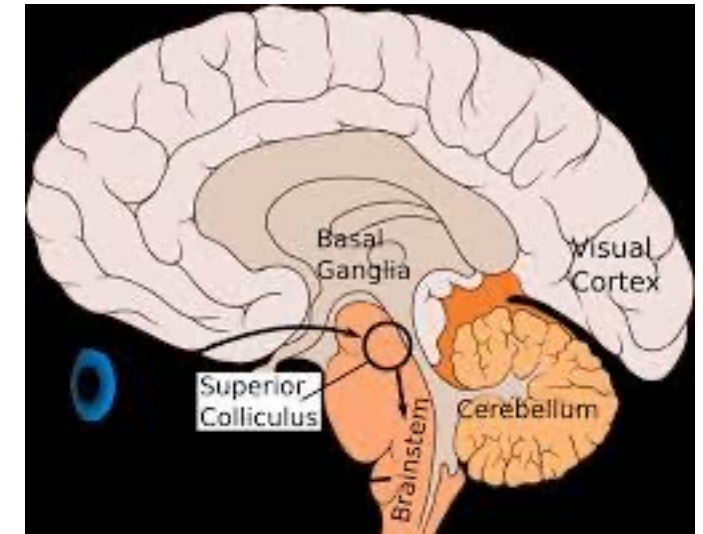
I movimenti di un singolo dito, come l'indice, sono caratterizzati dall'attivazione di tutta l'area della mano a livello della corteccia. In realtà, il movimento di un solo dito richiede un maggior controllo rispetto a quello di tutta la mano quando, ad esempio, afferra un oggetto. Nei movimenti di un singolo dito alcuni neuroni motori devono *inibire* l'attività delle altre dita che è naturalmente coordinata.

Visione



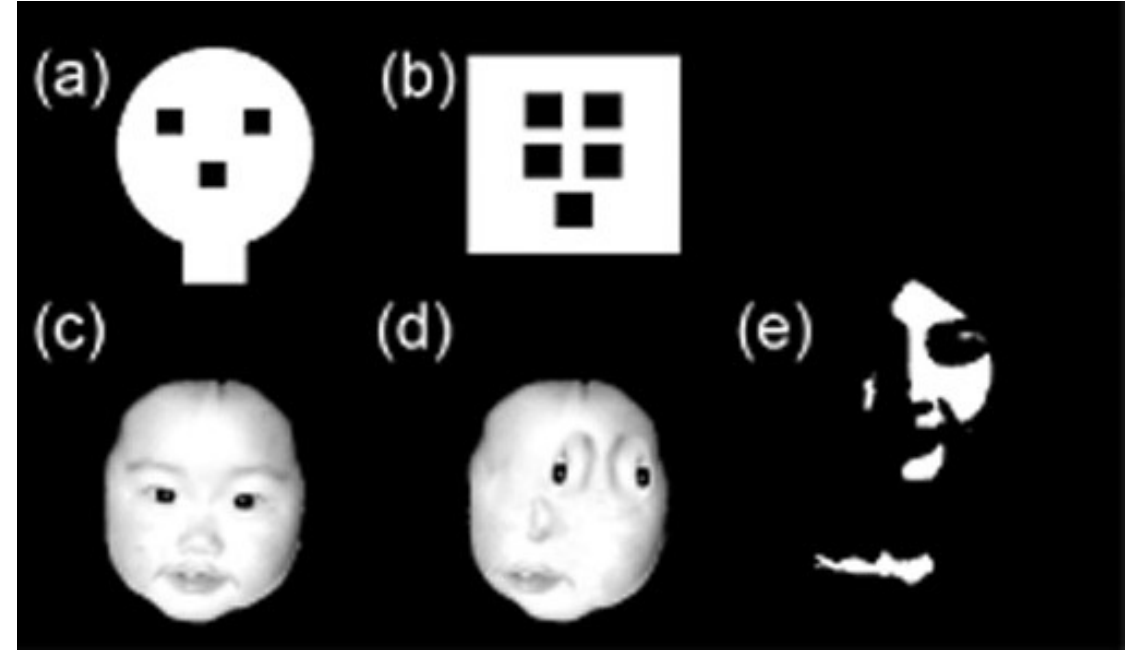
Visione neonatale

- Alla nascita: corteccia visiva è immatura: funziona il circuito sottocorticale del collicolo superiore che organizza i movimenti a scatti degli occhi. La parte centrale della retina di un neonato è immatura alla nascita mentre la parte periferica è più sviluppata
- 1 mese: attenzione e di fissazione degli oggetti, grazie alla maturazione delle vie visive.
- 2 mesi: seguono con movimenti oculari continui – non più a scatti- gli oggetti in movimento
- 3 e i 6 mesi: compiono movimenti oculari “anticipatori”



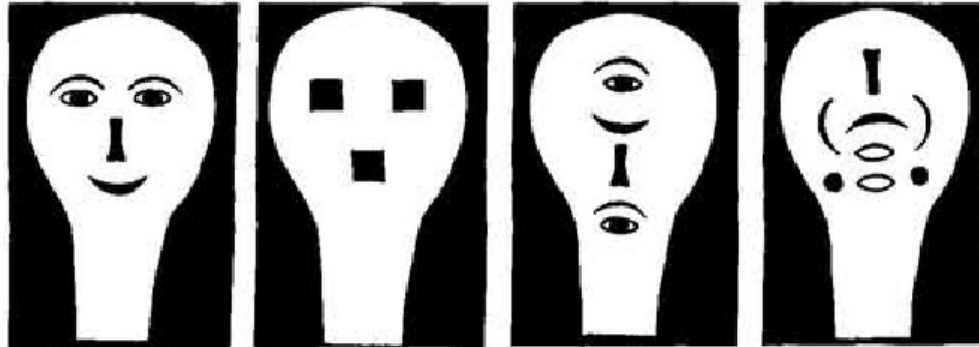
Riconoscimento del volto umano

- I neonati dimostrano una preferenza per i volti umani o per stimoli visivi simili al volto: tra un disegno su cui sono accennati i tratti salienti del volto (occhi-naso-bocca) e uno in cui questi tratti sono in disordine o uno in cui è disegnato un tiro a segno, preferiscono il primo.
- I neonati si basano sulla globalità del messaggio visivo del volto in quanto la loro acuità visiva è scarsa e non diviene simile a quella di un adulto prima dei 3-4 mesi di vita.



Reazioni al volto umano alla nascita e in seguito

Sin dalle prime ore dopo la nascita i neonati reagiscono a pattern visivi che ricordano il volto umano

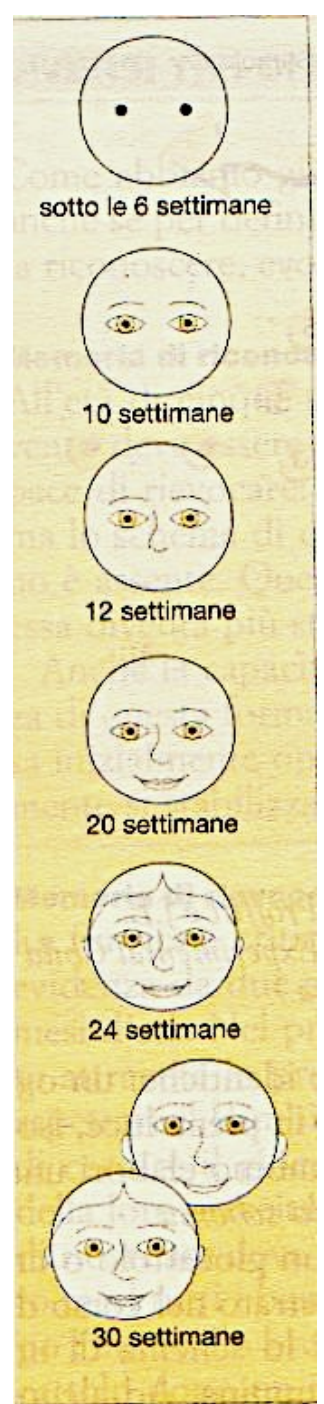


Face

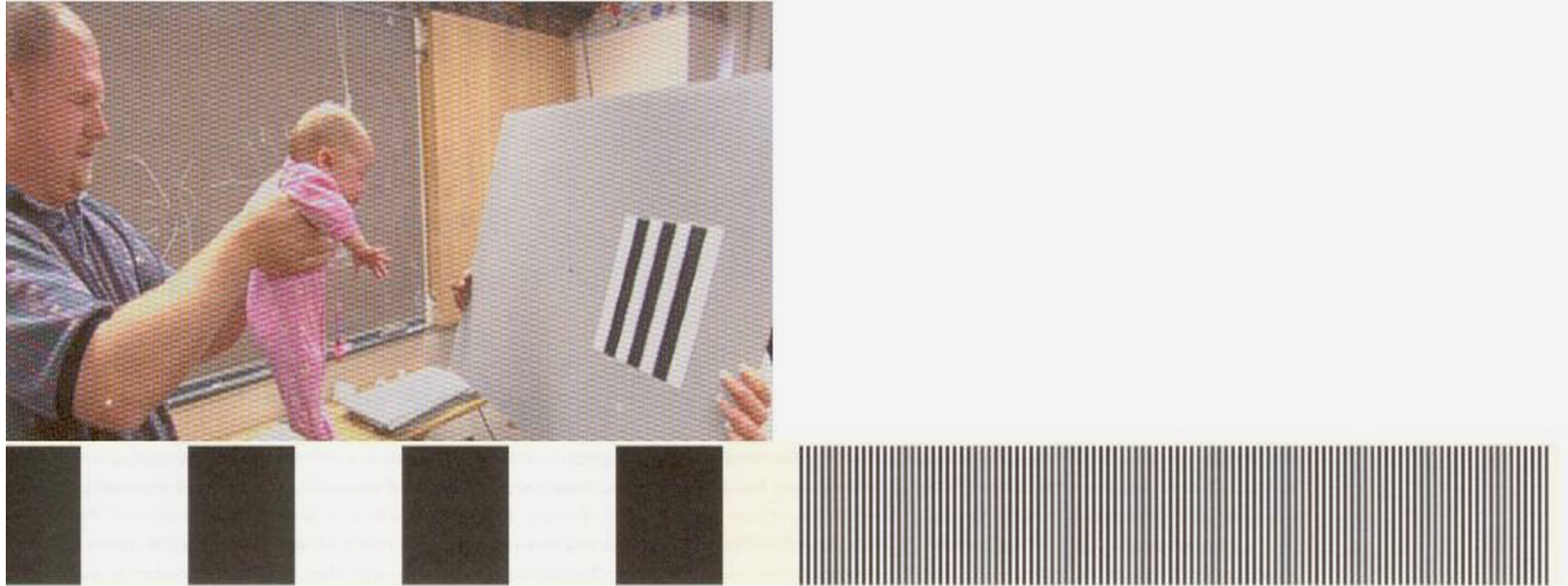
Config

Linear

Scram



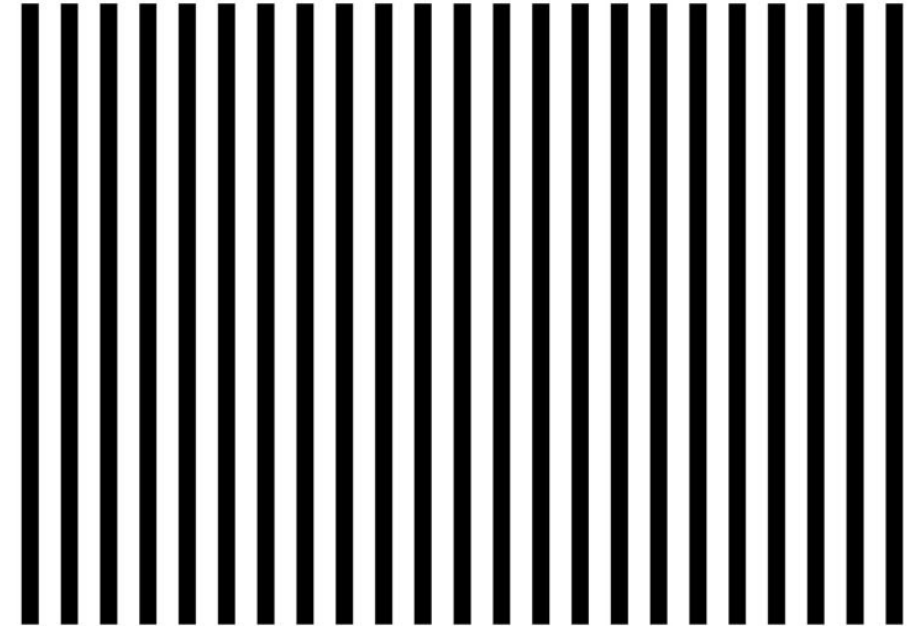
Percezione visiva nel neonato



Percezione visiva

- A **una settimana** il neonato percepisce delle strisce verticali nere su fondo bianco perché siano *larghe circa 1 cm e distino un metro* dai suoi occhi: rispetto alle capacità di un adulto, quelle di un neonato sono inferiori di circa 30 volte.
- Se le strisce sono più vicine, ad esempio a *30 centimetri* dai suoi occhi, vengono percepite purché siano *larghe 2,5 mm*.
- A **due mesi** la sua capacità percettiva raddoppia ed è in grado di scorgere una serie *di linee poco più spesse di un millimetro*.
- A **sei mesi** la sua visione è ancora sfocata, simile a quella di un adulto mediamente miope.
- Solo a **6 anni** i bambini *raggiungono l'acuità visiva degli adulti*

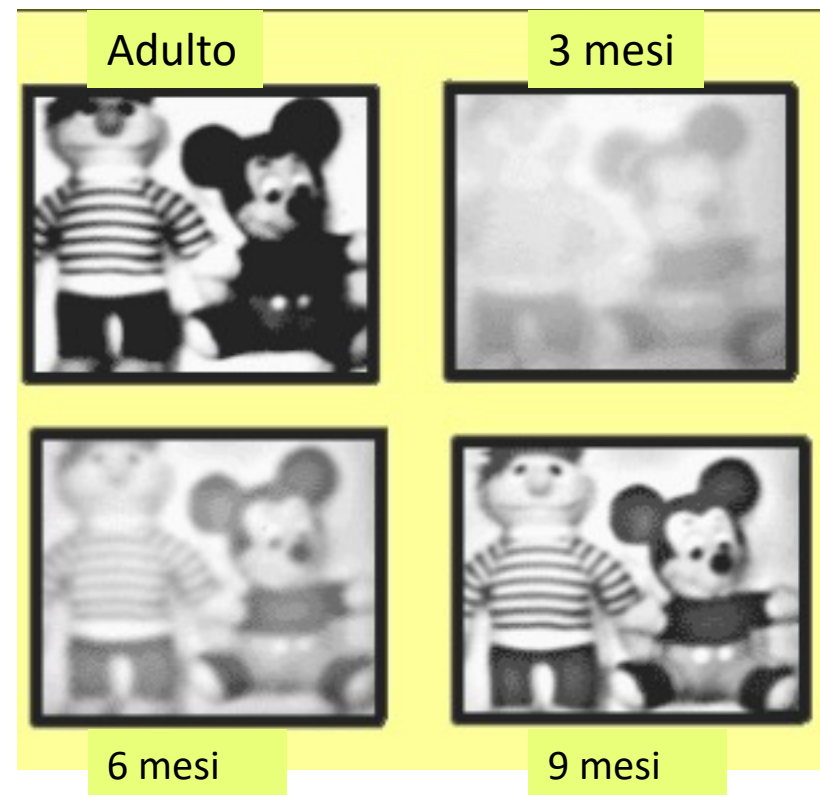
Visual acuity



An infant's visual acuity can be estimated by comparing how long the baby looks at a striped pattern such as this one versus a plain gray square of the same size and overall brightness. This simple test, first developed by researchers interested in visual development, is frequently used to diagnose early visual problems. (From Maurer & Maurer, 1988)

Acutezza visiva neonati

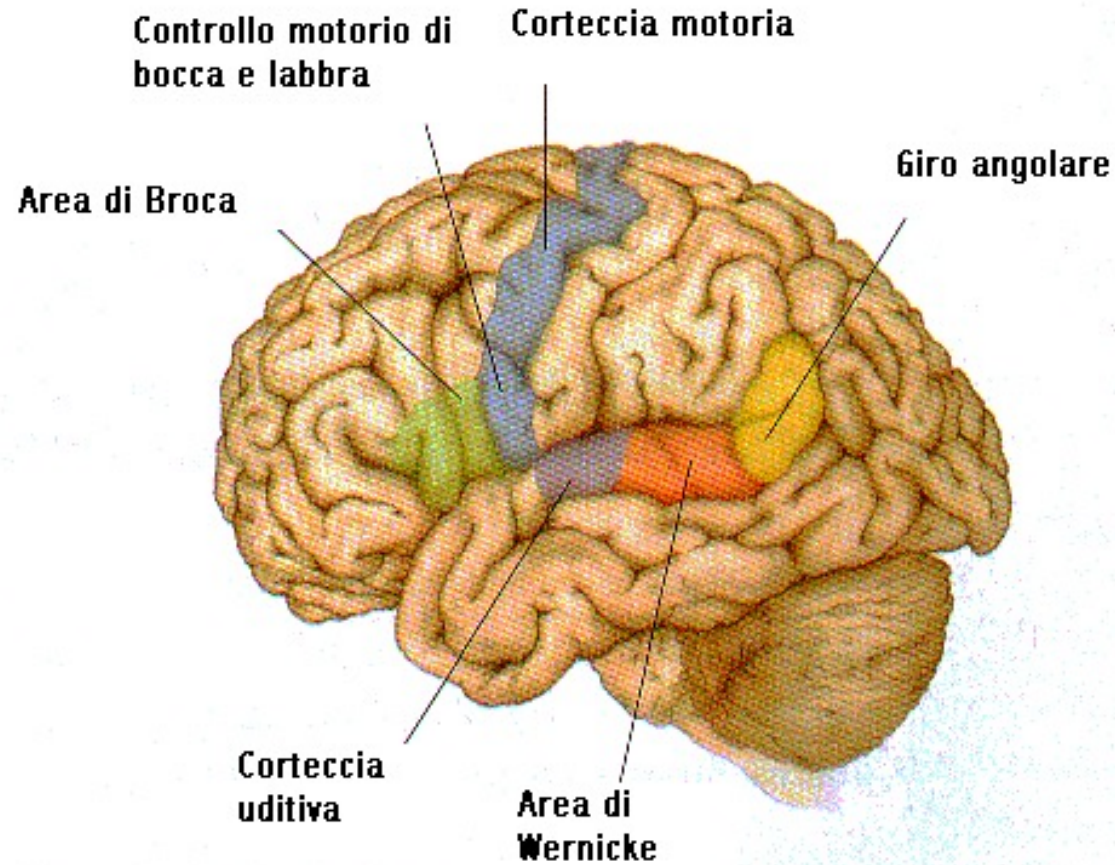
- Rispetto alle capacità di un adulto, quelle di un neonato sono inferiori di circa 30 volte.
- A sei mesi la sua visione è ancora sfocata, simile a quella di un adulto mediamente miope.



University of Calgary (2019)

8. Linguaggio

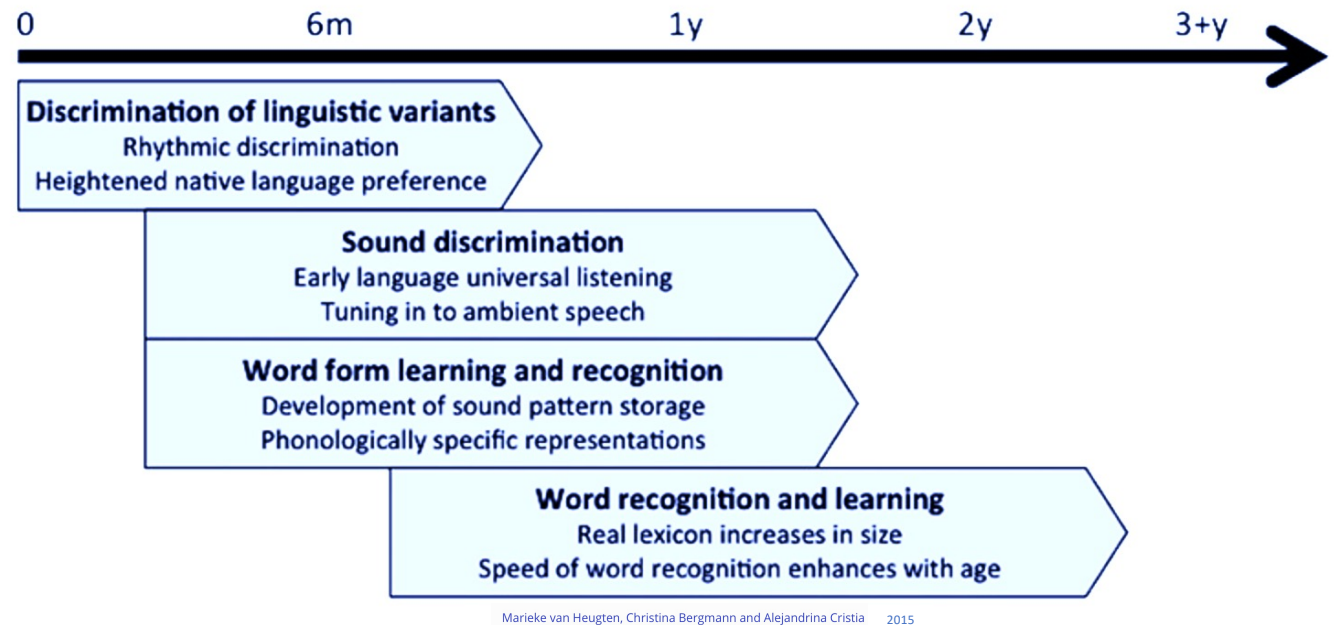
Alcune funzioni, come il linguaggio, dipendono dall'evoluzione di strutture nervose specifiche



L'esposizione alla lingua materna nei primi mesi di vita porta il lattante a distinguere i diversi suoni di base

I neonati hanno la capacità innata di reagire selettivamente ai diversi fonemi e suoni linguistici mentre gli adulti hanno qualche difficoltà a percepire le differenze che esistono tra i suoni utilizzati in una lingua straniera:

La perdita della capacità di differenziare tra i suoni utilizzati in una lingua diversa dalla propria avviene molto precocemente come hanno dimostrato recenti studi. Così, mentre a sei mesi di vita non vi sono differenze tra i bambini giapponesi e inglesi nel reagire a suoni come "ra" e "la", già a 12 mesi i primi (allevati in famiglie che parlano il giapponese) hanno perduto questa capacità mentre i bambini americani diventano sempre più accurati nel differenziare i due suoni.

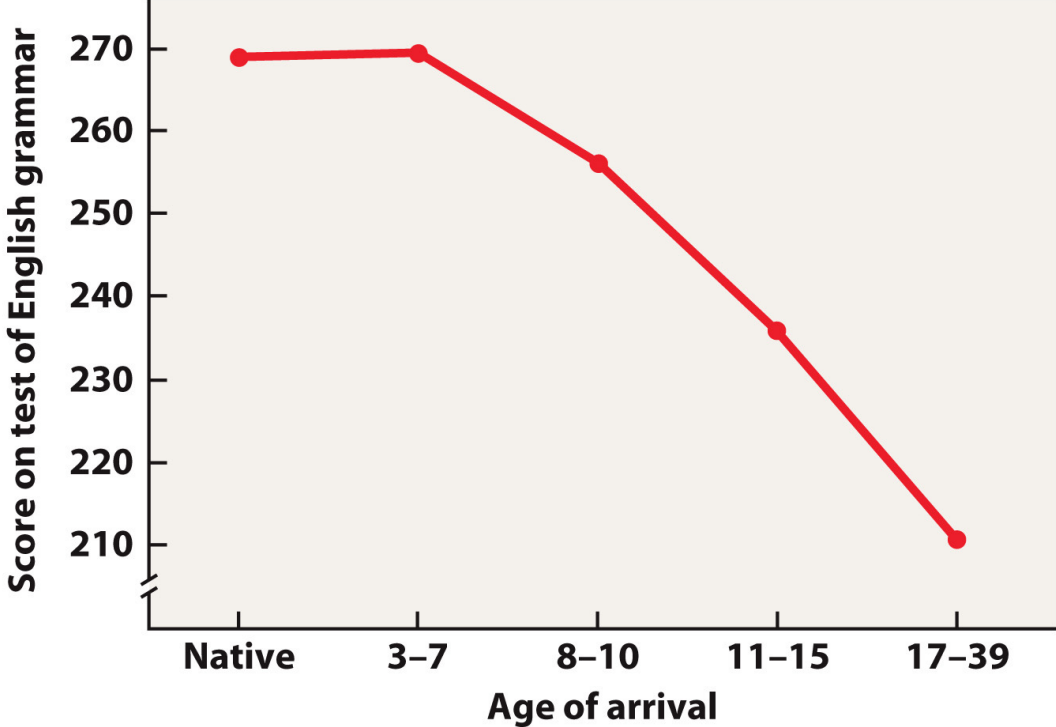


Kuhl P.K., «Language, mind & brain: Experience alters perception», in M. Gazzaniga (a cura di), *The new cognitive neurosciences*, Mit Press, Boston 2000.

Il periodo sensibile nel linguaggio

- L'acquisizione di una seconda lingua supporta l'idea di periodi sensibili.
- Se si è esposti a una seconda lingua prima dei 7 anni, si sarà fluenti come una persona di madrelingua.
- Se esposti tra gli 8 e i 10 anni, sarà più difficile raggiungere la fluidità.
- Se esposti dopo i 17 anni, la fluidità sarà bassa.

Il periodo sensibile nel linguaggio



Acquisizione linguaggio

- **3-11 mesi:** balbettio (“ma”, “na”, “da”, “go”), poi lallazione o ripetizione dello stesso suono più volte (“ma-ma-ma-ma”).
- **Primi sei mesi:** imitazione generalizzata (non imita suoni specifici ma l'attività di produzione dei suoni, fa eco alle frasi dell'adulto, ecolalia).
- **Sei mesi:** imitazione di alcuni semplici suoni pronunciati dagli altri ma che fanno parte del repertorio del bambino.
- Undici mesi: può pronunciare “ma-ma”, “ta-ta”, “pi-pi” e altre brevi composizioni bisillabiche a cui l'adulto attribuisce significati che rendono comunicabili semplici concetti e bisogni.
- 12 mesi: imita suoni specifici e nuovi non presenti nella fase del balbettio.
- **18 mesi:** incremento nell'uso del linguaggio, aumento del numero dei vocaboli
- **24 mesi:** conosce un po' più di 200 parole
- **Tre anni:** conosce più di 900 parole.
- **Sei anni:** comprende più di 2500 parole

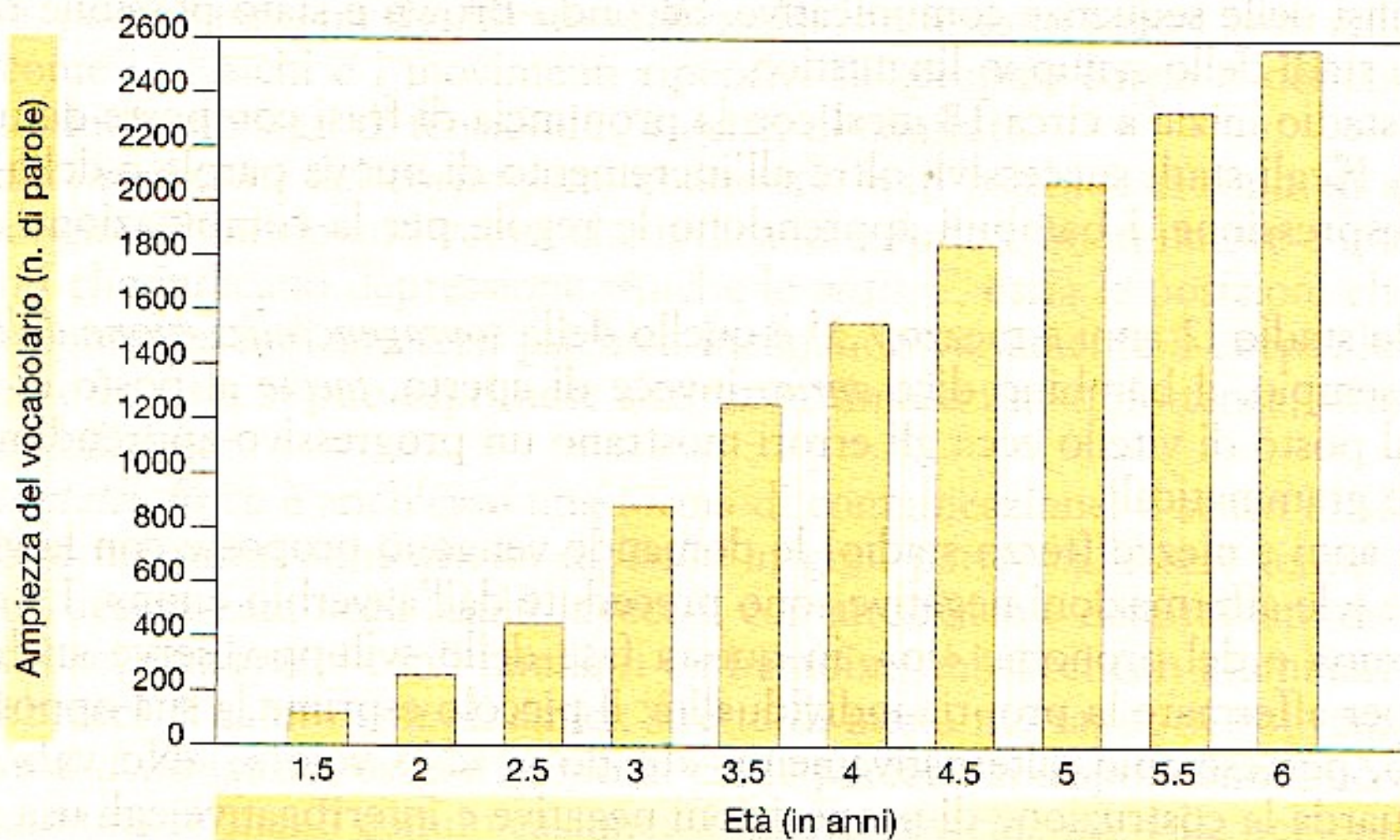


Fig. C13
*Ampiezza
media del
vocabolario
nelle varie età.*

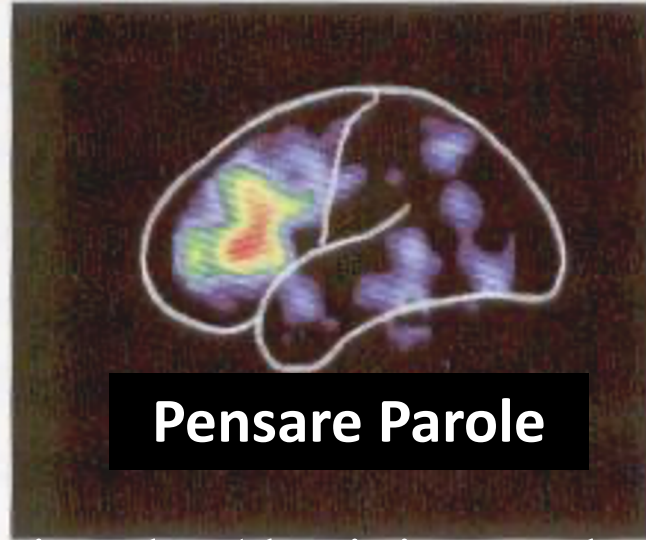
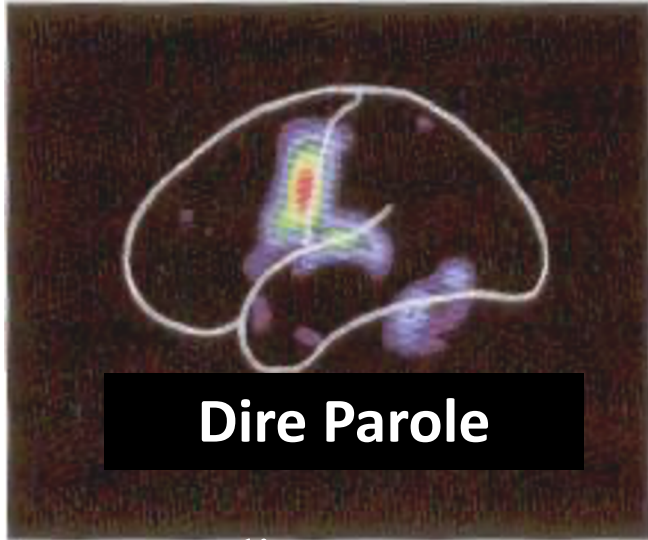
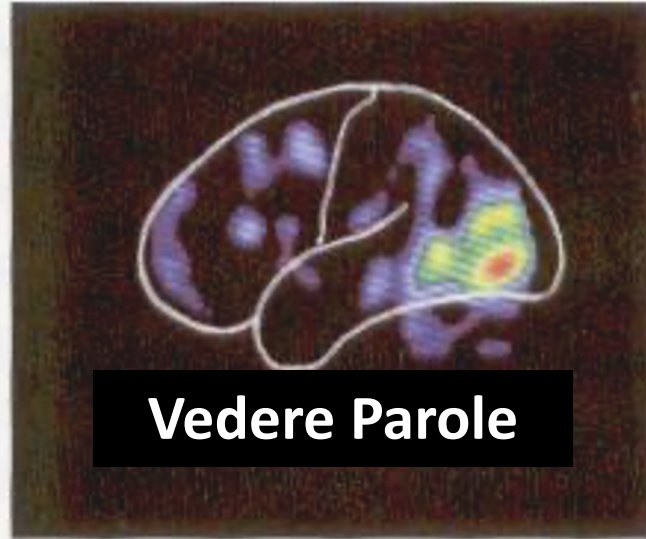
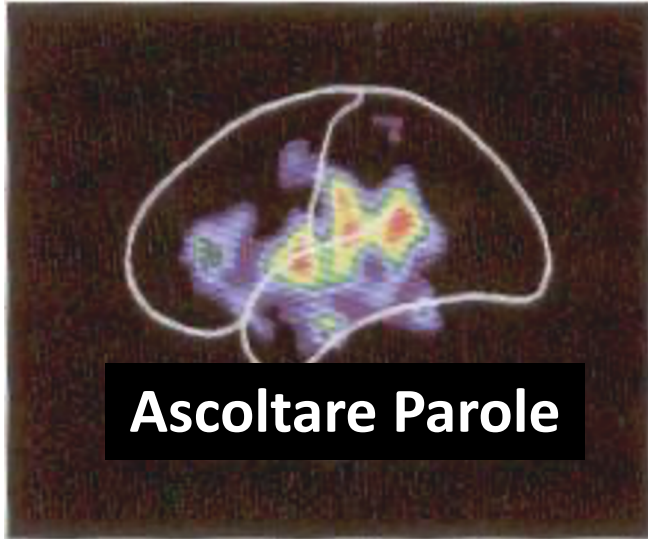
Acquisizione del linguaggio

- 24 mesi-2 anni a mezzo: 7-9 nuove parole al giorno, generalmente in modo corretto, tant'è che si parla di «**esplosione nominativa**».
- Le onde elettriche (ERP) in risposta alle parole che un bambino riconosce diventano “lateralizzate”, vale a dire sono evidenti soltanto nell'emisfero sinistro del cervello mentre in precedenza le risposte cerebrali erano bilaterali.

Progressi nello sviluppo tra due e cinque anni: udito e linguaggio

Età due anni e ½

- Usa duecento o più parole riconoscibili.
- Imita le frasi pronunciate dagli adulti, ma le riduce conservando gli elementi linguistici più rilevanti («apriamo l'armadio e prendiamo la caramella» può essere ridotto a «armadio, caramella»).
- Pone domande del tipo *che cosa? chi?* Usa i pronomi *io, me* e *tu*.
- È facile che balbetti quando è irritato. È in grado di ripetere semplici rime. Si diverte ad ascoltare brevi storie lette da libri illustrati.
- Gioca con oggetti in miniatura (tipo casa delle bambole) facendo commenti appropriati.



Le diverse strutture coinvolte (da sinistra a destra)

Disturbi del linguaggio

Lo sviluppo del linguaggio è caratterizzato da una grande variabilità interindividuale, dovuta sia ad alterazioni biologiche, sia a fattori ambientali (minore o maggiore stimolazione in ambito familiare, ecc).

L'età di tre anni costituisce una sorta di spartiacque tra i bambini cosiddetti "parlatori tardivi" e i bambini con un probabile disturbo del linguaggio.

Campanelli d'allarme:

- A 12 mesi, se il bambino mostra difficoltà di comprensione del linguaggio;
- 24 mesi se il bambino produce meno di 10 parole e ha difficoltà di comprensione;
- A 30 mesi se produce meno di 50 parole e non inizia a combinare insieme due parole, per esempio: "voglio palla!" e ha difficoltà di comprensione.