

Modulo II. Sviluppo neurologico

1. Evoluzione del cervello: premesse

2. Lo sviluppo cerebrale prenatale e postnatale

2.1. Neurosviluppo cognitivo funzionale

2.1.1 La percezione visiva

2.1.2 La memoria

2.1.3 Il linguaggio

2.1.4 Le funzioni esecutive

3. La plasticità cerebrale nello sviluppo del cervello del bambino

3.1. Tipi di plasticità cerebrale

Bibliografia



1. Evoluzione del cervello: premesse

Lo sviluppo e la maturazione del cervello sono caratterizzati da una lunga durata e da una frequenza eterocrona. Tuttavia, man mano che le strutture cerebrali si sviluppano, le funzioni iniziano a esprimersi in comportamenti osservabili. Pertanto, le strutture che si sviluppano più rapidamente manifestano le loro funzioni prima di quelle che si sviluppano più lentamente (Kolb e Whishaw, 2003., Coll, 2011).

Nei primi mesi di vita, la corteccia cerebrale subisce una significativa proliferazione di sinapsi (comunicazione neuronale) che porterà alla formazione di sinaptogenesi, seguita da un periodo di pruning sinaptico (eliminazione delle sinapsi, spesso per mancanza di utilizzo).

Un altro elemento coinvolto nello sviluppo del cervello è il processo di mielinizzazione degli assoni dei neuroni, ricoperti da una sorta di "isolante" formato da materia bianca che consente un'adeguata trasmissione del segnale.

In questo cervello in via di sviluppo, la quantità di mielina presente in un'area cerebrale indicherà l'uso che viene fatto di quell'area, inducendo lo sviluppo di una certa area corticale associata a un successivo processo cognitivo. Come per i processi di sinaptogenesi e di potatura sinaptica, anche la mielinizzazione ha tassi di formazione diversi a seconda delle aree cerebrali in via di sviluppo. Pertanto, non si tratta solo di quanti neuroni o connessioni sinaptiche esistono, ma anche della struttura della materia bianca (assoni e mielina), dei dendriti e dei circuiti neurochimici che determinano il funzionamento del cervello (Sebastián Gallés, 2012).



Neurosviluppo precoce: alcune caratteristiche dello sviluppo cerebrale



Crescita postnatale del cervello umano

La massa cerebrale quadruplica tra la nascita e l'età adulta.

- Aumento notevole del numero e della complessità dei neuroni
- Aumento deciso della densità delle connessioni sinaptiche in varie regioni della corteccia cerebrale
- Aumento del processo di mielinizzazione che consentirà di migliorare la velocità di trasmissione delle informazioni tra i neuroni.

Perdita o "potatura sinaptica" delle connessioni sinaptiche

Si tratta di una perdita selettiva nello sviluppo cerebrale (densità sinaptica).

Schema di aumento iniziale e successiva diminuzione o "potatura" della densità sinaptica che si manifesta a età diverse a seconda delle varie regioni corticali.

Sovraproduzione di connessioni sinaptiche e successiva "potatura" legate alla particolare plasticità del cervello infantile.

Plasticità cerebrale

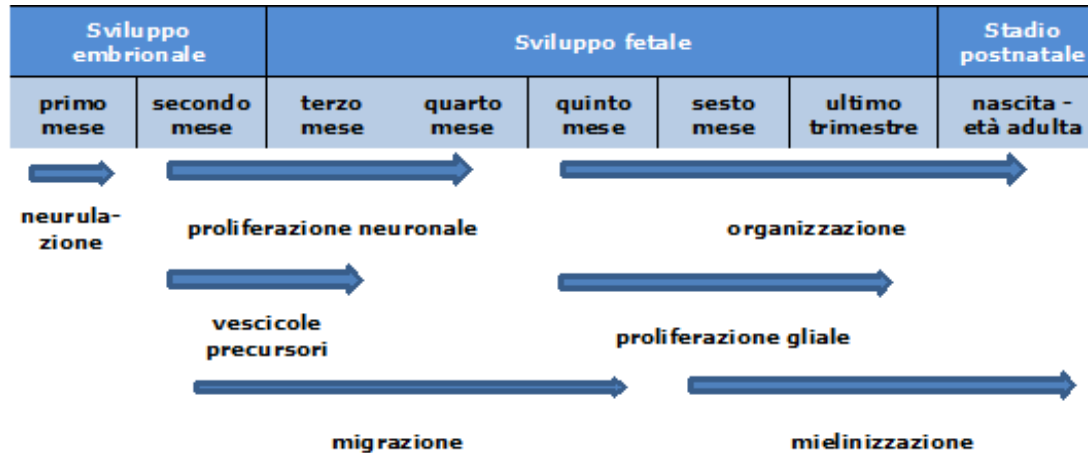
Il processo di differenziazione e specializzazione delle diverse aree della corteccia è fortemente influenzato dall'attività neuronale stessa, oltre che da fattori intrinseci legati all'"accensione" automatica.

Diverse zone corticali possono servire come base per varie rappresentazioni, a seconda dell'input che ricevono, non sembrano esserci aree funzionali totalmente predeterminate.



2. Lo sviluppo cerebrale prenatale e postnatale

Sviluppo del sistema nervoso (periodo embrionale - periodo fetale - periodo postnatale)



FINESTRE TEMPORANEE DI SVILUPPO DEL SISTEMA NERVOSO



2. Lo sviluppo cerebrale prenatale e postnatale

La complessità e l'embriologia del cervello comportano la regionalizzazione del cervello, la migrazione neurale e la formazione di sinapsi da parte delle cellule neurali durante il periodo embrionale e perinatale.

Il sistema nervoso si forma in funzione di tre lamine (gastrulazione)

Sinaptogenesi (processo sommativo, le sinapsi aumentano)

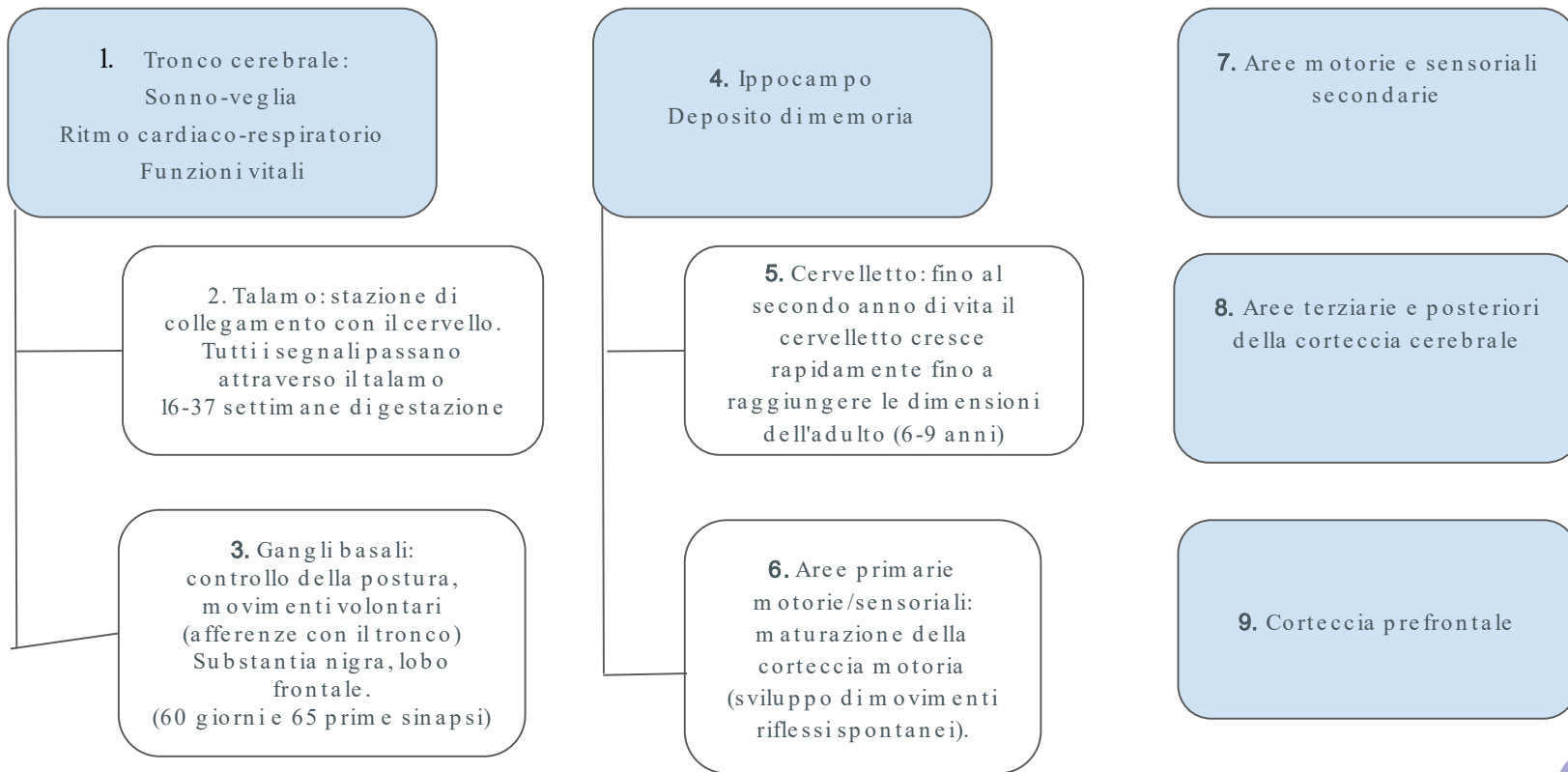
Apoptosi (processo regressivo, le sinapsi che ci servono muoiono)

Disturbi del neurosviluppo

Descrizione dei processi in cui si verificano gli inizi delle alterazioni dello sviluppo, in particolare nel posizionamento neuronale e nel processo di migrazione, direttamente collegati all'acquisizione di malattie neurologiche, psichiatriche, cognitive e affettive.



Sviluppo iniziale



2.1. Neurosviluppo cognitivo funzionale

Lo sviluppo delle principali funzioni cognitive dipende dalla maturazione dei circuiti cerebrali che le supportano. Conoscere l'evoluzione e il normale sviluppo delle funzioni cognitive sarà fondamentale per identificare e interpretare eventuali alterazioni di questo sviluppo.

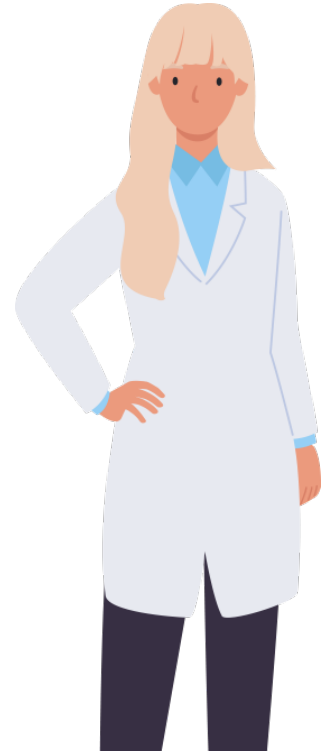
Lo studio della neuropsicologia si concentra sullo studio dei principali processi cognitivi che si instaurano con lo sviluppo del sistema nervoso (Enseñat, Roig e García, 2015).

Neurosviluppo cognitivo funzionale

Percezione visiva

Memoria

Funzioni esecutive



2.1.1 La percezione visiva

Durante il primo anno di vita, il sistema visivo subisce importanti cambiamenti funzionali (sia per la regolazione oculomotoria che per l'acuità visiva), mostrando cambiamenti funzionali che diventano dapprima dipendenti da strutture sottocorticali, per poi passare al dominio progressivo dell'elaborazione a livello della corteccia cerebrale.

Esistono due vie responsabili dell'elaborazione del movimento, della forma degli oggetti, dei luoghi e dei volti. (Vie ventrali e dorsali).



- La **via ventrale** è responsabile dell'elaborazione della forma. È la prima via a svilupparsi, quindi a essere elaborata; permetterà, innanzitutto, di riconoscere, dunque di processare, i volti, gli oggetti e i luoghi.
- La **via dorsale** è responsabile dell'elaborazione del movimento. La risposta integrata al movimento è più precoce rispetto all'elaborazione integrata della forma. L'elaborazione del movimento, tuttavia, richiede più tempo per raggiungere la maturità e sembra essere più suscettibile di essere alterata (Enseñat et al., 2015).



2.1.1 La percezione visiva

Uno dei processi visivi più studiati nella fase infantile è il riconoscimento dei volti.

Già all'età di 5 anni, o forse prima, si raggiunge la maturità nella percezione dei volti, in parte grazie a meccanismi genetici e contributi innati.

Pertanto, si può ritenere che nell'infanzia siano già presenti i meccanismi adulti utilizzati nella percezione dei volti.

Ciò includerebbe i fenomeni associati al riconoscimento dell'individualità e all'apprendimento di nuovi volti, all'elaborazione globale, così come all'accettazione dell'assenza di alcuni tratti, pur riuscendo a riconoscere quel volto precedentemente codificato (Enseñat et al., 2015).

Non va dimenticato che anche la maturazione di altri processi cognitivi contribuirà a migliorare il riconoscimento dei volti oltre la prima infanzia.

Il riconoscimento dei volti migliorerà se si unisce allo sviluppo del riconoscimento delle espressioni emotive, legato ai cambiamenti nelle connessioni tra strutture neuroanatomiche come il giro fusiforme e le strutture del sistema limbico (amigdala, ippocampo).



2.1.2 La memoria

L'età in cui si raggiunge la maturità mnesica dipenderà da diversi fattori.

Da un lato, sarà mediata dallo sviluppo di strategie di codifica dipendenti dalla maturazione della corteccia prefrontale e dallo sviluppo del processo mnesico stesso associato alla maturazione del lobo temporale mediale.

Ciò si tradurrà in un aumento delle conoscenze generali che migliorerà necessariamente la capacità di memorizzare. Come spiegano Enseñat et al. (2015), un altro fattore che influisce è lo sviluppo delle funzioni cognitive di base come la velocità di elaborazione, l'attenzione, la capacità di memoria di lavoro e l'effetto di funzioni complesse come la capacità di risolvere problemi o la metamemoria (Enseñat, 2015, Ofen, 2012).

Si ritiene che la memoria episodica si sviluppi durante l'infanzia, ma non è chiaro se la maturità venga raggiunta a una certa età o se, al contrario, continui a svilupparsi nel corso dello sviluppo fino all'adolescenza.



2.1.2 La memoria

Memoria episodica



Per quanto riguarda lo sviluppo delle strategie di codifica, nei casi in cui i compiti comportino una maggiore complessità e obblighino all'uso di determinate strategie per ottenere una memoria libera o un maggiore coinvolgimento di un ordine temporale, avranno uno sviluppo più tardivo (Lobo frontale vs. lobo occipitale).

Se consideriamo il ruolo del lobo temporale mediale per i processi di memoria e i pochi cambiamenti strutturali di questa regione a partire dall'infanzia, si potrebbe ritenere che i processi coinvolti nella memoria più legati al lobo temporale mediale, come la memoria associativa, sarebbero quelli che maturano prima. (Ofen, 2012, Enseñat et al., 2015).

Nel suo complesso, l'evoluzione della memoria episodica emerge dallo sviluppo di una rete cerebrale che comprende, come minimo, l'ippocampo e la corteccia prefrontale. Il ruolo del lobo parietale nello sviluppo della memoria episodica non è così chiaro, e si suggerisce che possa funzionare come mediatore grazie al coinvolgimento dei processi attenzionali.



2.1.2 La memoria

Memoria procedurale

Per quanto riguarda la memoria procedurale, necessaria per il pensiero complesso, sappiamo che, fin dalla più tenera età, i bambini acquisiscono competenze procedurali che serviranno loro in seguito per apprendere nuove abilità.

L'età di acquisizione dipende dall'abilità richiesta, dalle volte in cui ciò che viene memorizzato viene ripetuto e dal requisito di altre funzioni cognitive per poterlo svolgere.

Si ritiene che l'apprendimento delle procedure passi prima attraverso una fase più esterna, in cui sono necessarie risorse cognitive (memoria a breve termine) per poter convertire progressivamente questo tipo di memoria procedurale in una memoria implicita e automatizzata, in cui questa procedura guidata da dati esterni diminuisce.

Tuttavia, sembra difficile spiegare, attraverso questo approccio, tutto l'apprendimento procedurale nei bambini in cui i meccanismi di apprendimento esplicito e di controllo cognitivo non sono ancora stati sviluppati.



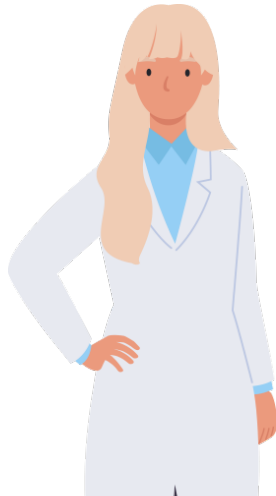
2.1.2 La memoria

Memoria di lavoro

È la capacità di mantenere e manipolare per un breve periodo di tempo le informazioni necessarie a guidare un determinato comportamento. In generale, si ritiene che questa capacità subisca un aumento significativo all'età di 11 anni, così come tra i 15 e i 19 anni, raggiungendo i livelli massimi in età adulta. Il suo corretto sviluppo è stato messo in relazione con la maturazione di aree corticali come la corteccia frontale superiore, la corteccia intraparietale e le loro connessioni.

Lo sviluppo di diversi tipi di memoria costituisce la base per l'acquisizione di abilità e conoscenze proprie dell'adulto. La conoscenza delle tappe fondamentali che vengono raggiunte durante l'infanzia non solo fornisce informazioni utili per la valutazione, ma anche per le importanti implicazioni per l'educazione.

Tenendo presente che la memoria episodica dei bambini è fondamentalmente associativa (almeno fino all'istruzione primaria) è fondamentale considerare necessario istruirli all'uso di strategie specifiche per il miglioramento delle prestazioni di memoria in classe (Enseñat et al., 2015).



2.1.3 Il linguaggio



L'acquisizione del linguaggio, così come quella di altre funzioni cognitive, dipenderà in larga misura dal livello di stimolazione ambientale e dalla corretta maturazione cerebrale (Enseñat et al., 2015). Il corretto sviluppo dei sistemi linguistici dipende dall'interazione con altre reti funzionali responsabili di abilità, come quelle motorie o visuo-spaziali, la memoria, l'attenzione, la capacità di discriminazione acustica e le abilità sociali ed emotive.

È importante notare che non tutte le competenze del linguaggio vengono acquisite nelle stesse finestre temporali. Sappiamo, ad esempio, che il periodo critico per l'apprendimento dei fonemi compare durante il primo anno di vita. Poco dopo la nascita, i bambini sono già in grado di discriminare i contrasti fonetici di diverse lingue, anche quelli non presenti nella loro lingua madre. (Enseñat et al., 2015).

L'esposizione a un contesto linguistico durante il primo anno di vita permetterà la specializzazione di questa abilità, ottenendo una migliore capacità di gestire i contrasti fonologici delle lingue presenti nel loro quotidiano. (periodo linguistico).

Nei mesi successivi, il bambino impara una media di 10 parole al mese fino a superare la cifra di 50 parole; più tardi, intorno ai 18 mesi, l'esplosione del vocabolario sarà evidente e il bambino sarà già in grado di imparare una media di 30 parole al mese (Enseñat et al., 2015).

Intorno al secondo anno di vita, tra i 18 e i 36 mesi, inizierà l'apprendimento sintattico. Il bambino sarà già in grado di eseguire e combinare le parole in semplici strutture grammaticali (frasi con due parole) e successivamente, intorno ai cinque anni, aumenterà la complessità di queste strutture grammaticali che utilizzerà per aggiungere l'uso di domande e frasi negative.

A partire dall'età di cinque anni, i bambini iniziano già a sperimentare gli usi del linguaggio, per cui compaiono già strategie e chiavi di comunicazione che permettano loro di seguire una conversazione con un'altra persona, di chiarire i fraintendimenti di un discorso, di aumentare il loro livello di comprensione e di produzione narrativa (Enseñat et al., 2015).



2.1.4 Le funzioni esecutive

SI tratta di un insieme di funzioni cognitive che permettono di mantenere un piano coerente e organizzato verso un determinato fine. Queste funzioni includono la capacità di pianificare e organizzare le informazioni, la flessibilità e la pianificazione, nonché la capacità di controllare gli impulsi. (Roselli, 2002).

Le regioni più critiche per l'emergere delle funzioni esecutive si trovano nella corteccia prefrontale, nella parte più anteriore del lobo frontale, davanti alle aree motorie. La corteccia prefrontale e le connessioni che questa regione stabilisce con altre aree cerebrali subiscono cambiamenti non solo durante l'infanzia, ma anche, in modo molto accentuato, durante l'adolescenza. Coll, 2011.

Le FE comprendono le cosiddette funzioni esecutive fredde e le funzioni esecutive calde. Le prime si riferiscono alla capacità di pianificare, organizzare, stabilire obiettivi, monitorare il comportamento, risolvere problemi, inibizione, memoria di lavoro e flessibilità cognitiva. Le seconde comprendono la capacità empatica, la regolazione emotiva, la teoria della mente e la capacità decisionale con una componente affettiva, abilità necessarie per poter regolare il nostro comportamento con uno scopo. (Enseñat et al., 2015).



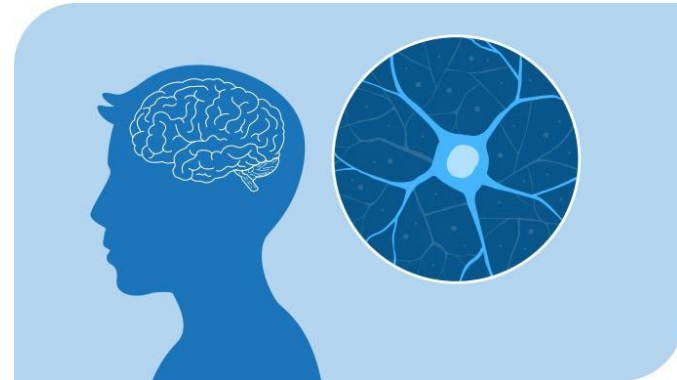
2.1.4 Le funzioni esecutive

Lo sviluppo del lobo prefrontale inizia nel periodo prenatale, mostrando cambiamenti metabolici e strutturali durante l'infanzia e l'adolescenza, ma non raggiunge la sua maturità evolutiva fino ai trent'anni, quando termina la mielinizzazione. Vi è una maturazione precoce del controllo attentivo e di alcune capacità di memoria di lavoro, mentre altre abilità più complesse, come la pianificazione e l'organizzazione, vengono acquisite durante l'adolescenza e l'età adulta.

Il controllo attentivo (attenzione selettiva, inibizione della risposta, autoregolazione e autocontrollo) è il primo elemento della funzione esecutiva a maturare.

Le prove relative alla definizione degli obiettivi (pianificazione, definizione degli obiettivi e problem solving) durante l'età infantile sono scarse.

All'età di 5 anni, i bambini sono già in grado di stabilire obiettivi e piani.



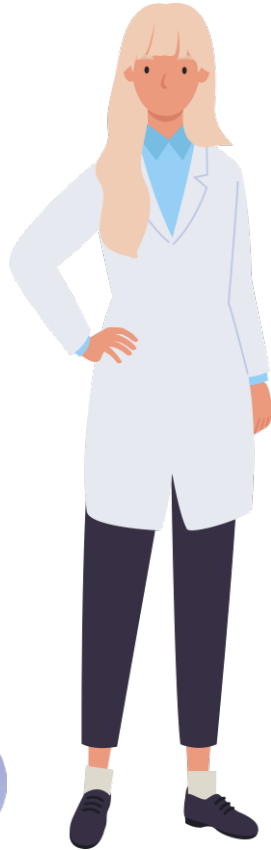
2.14 Le funzioni esecutive

In relazione alla capacità di prendere decisioni con una componente affettiva, sappiamo che i bambini dai 3 ai 6 anni si basano esclusivamente sulle ricompense immediate.

Fino all'adolescenza, è il momento in cui si inizia a prendere decisioni in modo efficace. Questa capacità è stata collegata alla maturazione tardiva delle aree prefrontali ventromediali e orbitofrontali e sembra essere indipendente dal miglioramento del controllo inibitorio e della memoria di lavoro che si verificherà nella stessa fase dello sviluppo (Anderson et al., 2008. Enseñat et al., 2015).



3. La plasticità cerebrale nello sviluppo del cervello del bambino



Il Sistema Nervoso Centrale ha una notevole capacità di modificare la sua funzione e, in una certa misura, di modificare la sua struttura anatomica in risposta all'attività, agli stimoli ambientali o ai danni che può subire. La plasticità è un processo costante, che può essere osservato in diverse aree: sinaptica, strutturale e di organizzazione delle mappe neuronali. (Medina et al., 2004).

Possiamo affermare che i cambiamenti nel comportamento che vengono descritti (a seconda delle circostanze) come l'apprendimento, la memoria, le abitudini, la maturazione, il recupero e altri, sono associati a cambiamenti corrispondenti nel sistema nervoso.

Il concetto di "plasticità neurale" si riferisce, in circostanze normali, alla capacità del sistema nervoso di modellare la propria struttura e funzione in base all'esperienza, dando luogo a processi di apprendimento. E in circostanze di perdita patologica, alla capacità di cercare di aggiornare le potenzialità del programma genetico individuale attraverso fenomeni di rimodellamento.

Questa proprietà del cervello può essere valutata a molti livelli, dai cambiamenti osservabili nel comportamento alle mappe cerebrali, all'organizzazione sinaptica, all'organizzazione fisiologica e alla struttura molecolare. Per comprendere processi come quelli mnestici e delle abitudini, è necessario comprendere la natura della plasticità cerebrale.

La dotazione genomica consente, quindi, un margine di adattabilità nel gestire le informazioni e anche nel tentare compensazioni anatomofunzionali dopo aver subito qualche aggressione patogena. (Narbona et al., 2012).

3.1 Tipi di plasticità cerebrale

L'apprendimento e il ricordo di nuove informazioni sono legati a una sorta di cambiamento nelle cellule del sistema nervoso (neuroni). Si ritiene che questi cambiamenti costituiscano la registrazione neurologica delle informazioni apprese. Come dimostrato da Grenough e Black (1992) e Coll (2011), è possibile indicare, riassumendo

tre tipi principali di plasticità:

quella dello sviluppo,

quella indotta dall'esperienza durante la vita,

quella indotta da danni, perdita di afferenze o alterazioni dell'attività cerebrale.



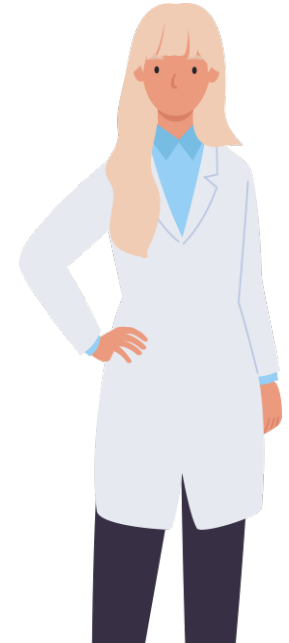
3.1 Tipi di plasticità cerebrale

1. Plasticità attesa dall'esperienza

È un tipo di plasticità che comporta cambiamenti sinaptici prodotti da aspetti dell'ambiente comuni a tutti i membri della specie e previsti in determinati momenti dello sviluppo (esperienze). Inizialmente si assiste a una sovrapproduzione di sinapsi, seguita poi da una perdita neuronale. (Coll, 2011). Limitato a periodi di massima suscettibilità durante lo sviluppo a determinate variabili ambientali (periodi critici o sensibili).

Dopo questi periodi critici, l'influenza che queste esperienze hanno sul cervello e sulle sue connessioni sarà molto più limitata. Determinerà la selezione del modello di organizzazione del SN in modo permanente e talvolta irreversibile.

Questo meccanismo permette ai geni di codificare la natura delle connessioni da stabilire, già a partire dal periodo fetale e poi nel periodo postnatale dove si "prevede" che il bambino sperimenti episodi fondamentali, comuni a tutta la specie, come l'esposizione alla luce e al suono, per preservare le connessioni sinaptiche precedentemente stabilite dei sistemi percettivi, della vista e dell'udito. (Siegel, 2016).



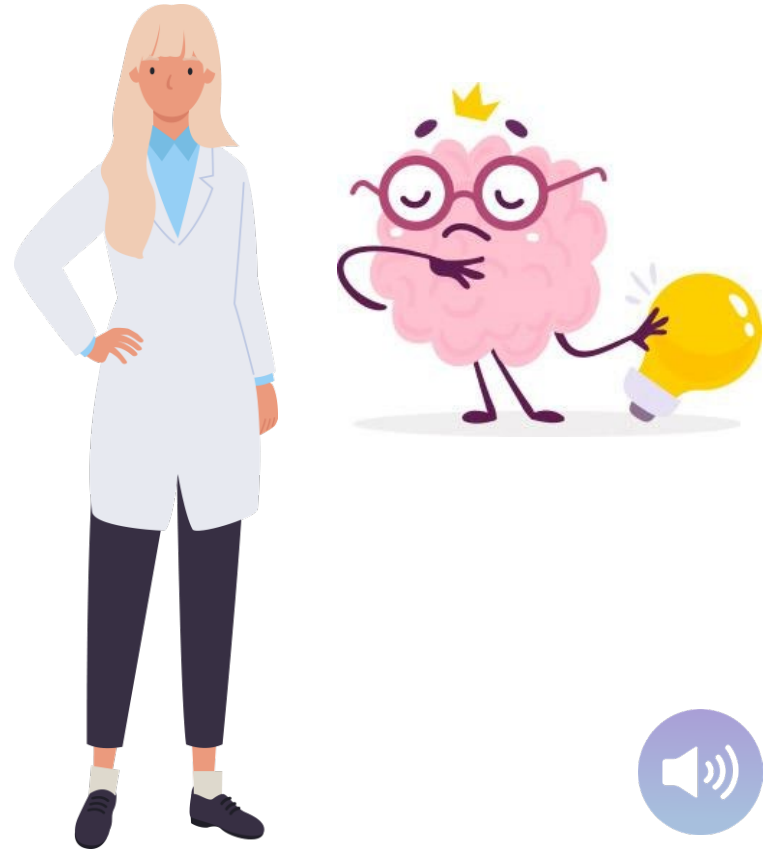
3.1 Tipi di plasticità cerebrale

2. Plasticità dipendente dall'esperienza

Riflette i cambiamenti prodotti dalle informazioni assorbite dall'ambiente che possono essere uniche per un particolare individuo (l'apprendimento specifico del vocabolario) e che vengono sperimentati durante l'intero ciclo di vita.

Tale plasticità non è limitata a periodi di tempo prestabiliti. Questo tipo di plasticità è massima durante l'infanzia e l'adolescenza. Si mantiene per tutta la vita, salvo la presenza di malattie neurodegenerative o di disturbi del neurosviluppo. Viene attivata dall'individuazione di relazioni rilevanti tra stimoli rilevanti tra stimoli (apprendimento e memoria) o da alterazioni della situazione stimolante (lesioni, perdita di arti).

Questo tipo di plasticità attiva esclusivamente il macchinario genetico per creare sinapsi, la cui creazione dipende da quell'insieme di esperienze che hanno precedentemente innescato la creazione di queste sinapsi. Questo tipo di plasticità è temporanea e soggetta a cambiamenti a seconda dell'esperienza. (Siegel, 2016).



3.1. Tipi di plasticità cerebrale

3. Plasticità dipendente dall'esperienza:



Corrisponde a cambiamenti nel numero e/o nella funzione delle sinapsi che si verificano come risultato dell'espressione programmata di determinati geni senza fattori esterni o esperienziali. Questo tipo permette un adattamento ottimale del comportamento all'ambiente che cambia.

Queste esperienze sono un avallo delle tecniche che si basano sulla stimolazione sensoriale e sull'apprendimento, anche se questo effetto (aumento delle sinapsi nelle corteccie coinvolte nell'apprendimento) è particolarmente evidente nei periodi "sensibili" o critici dello sviluppo precoce, sebbene sia dimostrato anche nel cervello adulto.(Castaño, 2002).

Oggi si usano ancora entrambi i termini, ma a volte "esperienza-dipendente" viene usato esclusivamente per riferirsi sia alla plasticità dello sviluppo sia a quella presente nel resto della vita.



Bibliografía

- Arroyo, H. A. (2017). Brain plasticity and neurodevelopmental disorders. In: Fejerman, N., Grañana, N. (2017). Child neuropsychology. Paidós.
- Brailoswky, S., Stein, D.G., Will, B. (1998). The brain damaged, brain plasticity and functional recovery. FCE, Conacty.
- Coll, M. (2011). Brain plasticity and experience: Neurobiological foundations of education. XII International Congress of Theory of Education. <http://www.cite2011.com/Ponencias/MColl.pdf>
- García Madruga, J. A., Herranz Ybarra, P. (2010). Biological and motor development. In: Del Val, J. (2010). Developmental psychology. UNED.
- Greenough, W., & Black, J. (1992). Induction of brain structure by experience: Substrate for cognitive development. In M. R. Gunnar & C. A. Nelson (Eds.), Minnesota symposia on child psychology 24: Developmental behavioral neuroscience (pp. 155-200). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Enseñat Cantalops, A., Roig Rovira, T., Garcia Molina, A. (2015). Pediatric neuropsychology. Editorial Synthesis.
- Fejerman, N., Grañana, N. (2017). Child neuropsychology. Paidós.
- Kolb, B., Whishaw, I. Q. (2006). Human Neuropsychology. Pan American Medical.
- Martínez-Morga, M., Martínez, S. (2016). Development and plasticity of the brain. *Revneurol*, 62 (Suppl. 1): S3-S8.
- Medina, M., A., Escobar B, M. I. (2004). Neural plasticity and its relationship with the glutamate transporter system. *Colombian Association of Psychiatry*, No. 1, (155S-164S).
- McKay, K., Halperin, J., Schwartz, S and Sharma. (1994). Developmental analysis of three aspects of information processing: sustained attention, selective attention, and response organization. *Developmental Neuropsychology*, 10, 121-132
- Narbonne, J., Crespo-Eguilaz, N. (2012). Brain plasticity for the language of the child and adolescent. *Revneurol*. 54 (Suppl1): S127-S130.
- Roselli, M. (2002). Brain maturation and cognitive development. *Neurosciences and Higher Functions*. Doctoral Seminar in Social Sciences, Childhood and Youth.
- Sebastián Galles, N. (2012). Educational neuroscience of development: The pre-school period. *Educational Participation*, Vol. 1: 33-38.
- Ofen, N. (2012). The development of neural correlates for memory formation. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*; 36: 1708-1717.
- Ortiz, T. (2018). *Neuroscience in school: Hervat: neuroeducational research for the improvement of learning*. Madrid. SM Editions.

