



KEYWORDS

neuroscience, neurotransmitters, hippocampus, neurogenesis, cognitive functions

Fitness e neuroscienze: il miglioramento della performance cognitiva attraverso l'attività fisica

Le neuroscienze: storia e ambito di ricerca, introduzione alla struttura di base e al funzionamento del sistema nervoso, implicazioni tra l'attività fisica e il miglioramento della performance cognitiva, dell'umore, della memoria a lungo termine

INTRODUZIONE

Gli uomini sono da sempre affascinati dalle funzioni della mente e del cervello, ed è sempre stato più o meno chiaro che alla base del modo di pensare e ragionare vi fossero strutture cerebrali che lo permettevano.

L'interesse era ed è anche legato alle funzioni cognitive e a come queste siano collegate alle varie aree corticali, come queste siano connesse tra loro per creare un comportamento coordinato e in sintonia con l'ambiente esterno, in qualche modo un comportamento adattivo.

Negli ultimi anni le neuroscienze hanno avuto uno sviluppo enorme che è andato di pari passo con l'avvento di tecnologie sempre più avanzate che hanno permesso di comprendere il funzionamento del cervello e le basi molecolari e cellulari delle funzioni cognitive.



Dott. Pierluigi De Pascalis

Laureato Magistrale in Scienze Motorie, laureato Magistrale in Scienze della Nutrizione Umana, biologo nutrizionista, responsabile della formazione e divulgazione scientifica di NonSoloFitness. Professore a contratto presso l'Università degli Studi di Foggia.

pierluigi@depascalis.net - www.depascalis.net



Di questo articolo è disponibile una video-lezione accessibile gratuitamente dal link:
www.depascalis.net/neuro

o inquadrando col cellulare il QR code qui a fianco".

Prima che la tecnologia mettesse a disposizione gli strumenti d'indagine odierni, questi temi erano più appannaggio della filosofia che della scienza. Oggi le neuroscienze sono sempre più interdisciplinari, ma il loro studio origina probabilmente fin dalla Preistoria, quando si comprese l'essenzialità del cervello. Da allora in avanti, tra indagini e intuizioni, la conoscenza è gradualmente migliorata, pur con numerosi passi falsi.

STORIA DELLE NEUROSCIENZE

Agli inizi dell'Ottocento Joseph Gall segna la nascita della frenologia, con il primo tentativo di collegare funzioni specifiche a differenti aree del cervello, individua 27 funzioni e per ciascuna una collocazione anatomica, ipotizza che dall'analisi del cranio, la cranioscopia, si possano determinare i tratti caratteriali di una persona. Tali ipotesi pur errate, sia perché le funzioni cerebrali non influenzano la conformazione del cranio, sia perché ciascuna funzione non è circoscrivibile a zone limitate essendo ciascuna funzione sottoposta al controllo da parte di più regioni cerebrali, danno in ogni caso il via ad un nuovo filone di studi.

Maggiore successo ebbero Broca e Wernike, che individuarono con maggiore precisione la localizzazione di alcune funzioni e, con i loro studi, permisero di chiarire la lateralizzazione degli emisferi cerebrali e la differenziazione funzionale delle aree corticali.

Dallo studio di un paziente con deficit specifico nella produzione verbale del linguaggio, pur in presenza di una comprensione relativamente conservata, emerge che il linguaggio non è generato dal cervello nella sua interezza, ma dipende da aree ben definite.

Anche Wernike osserva un paziente che, dopo un ictus, è ancora in grado di parlare con scioltezza ma presenta tuttavia una quasi totale

assenza nella comprensione, e quel che dice è privo di senso. Se ne deduce che l'area di Broca è quella deputata alla produzione del linguaggio, mentre quella del Wernike alla sua comprensione.

Altra pietra miliare fu posta da Camillo Golgi, istologo dell'Università di Pavia, che inventa il metodo di impregnazione all'argento, anche noto come "reazione nera", capace di colorare selettivamente le fibre nervose consentendone lo studio. E infatti Santiago Ramón y Cajal, neuroanatomista, sfrutta questa procedura per formulare la sua "dottrina del neurone", individua il corpo cellulare della cellula nervosa, i suoi assoni e dendriti, riconosce che la trasmissione dell'informazione è di tipo elettrico e unidirezionale.

Passo dopo passo nei primi anni '70 nascono ufficialmente le neuroscienze, frutto del contributo di un insieme di discipline come la fisica, la biologia, l'anatomia, la genetica e molte altre, che consentono lo studio dell'organizzazione e funzionamento del sistema nervoso, con l'obiettivo principale di analizzare le disfunzioni cerebrali e mettere a punto gli idonei trattamenti terapeutici.

Lo studio della mente e della coscienza posto in essere dalle neuroscienze cognitive si avvale di un metodo che parte dal microscopico per giungere al macroscopico.

Questo modello di analisi di ordine crescente individua:

- livello molecolare: punto di partenza che prevede lo studio di neurotrasmettitori e neuromodulatori;
- livello cellulare: studio delle proprietà dei neuroni;
- livello sistemico: circuiti e vie neuronali
- livello comportamentale: analisi della percezione e regolazione dei comportamenti e delle emozioni;
- livello cognitivo: studio del livello più elevato dell'attività mentale.

LE TECNICHE DI NEUROIMAGING

Le tecniche di neuroimaging hanno fornito un enorme contributo allo studio in vivo delle funzioni cerebrali che, in precedenza, era naturalmente impossibile.

Tali tecniche si dividono in statiche, ossia quelle procedure come la TAC o RMI che permettono di ottenere in-

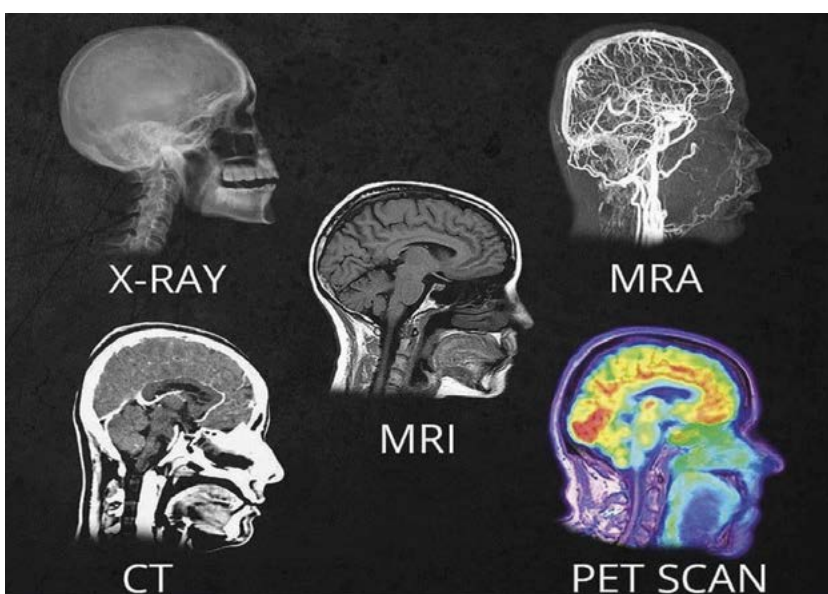


FIGURA 1: DIFFERENZE TRA DIVERSE TECNICHE DI NEUROIMMAGINE: RAGGI X, PET, MRI ECC.

formazioni relative alla forma del cervello, ad eventuali traumi, lesioni, o eventi tumorali in corso; e tecniche dinamiche, che indagano l'attivazione delle aree cerebrali coinvolte. Le tecniche dinamiche possono a loro volta essere di tipo diretto, se registrano il potenziale elettrico cerebrale (EEG/ERP), o indirette se analizzano l'attività metabolica del cervello e le variazioni nel flusso ematico (PET, fMRI, ecc.).

Ciascuna tecnica di neuroimaging si caratterizza poi in termini di risoluzione spaziale e temporale, la prima fa riferimento al livello di dettaglio anatomico fornito, la seconda al tempo di latenza tra l'evento indagato e la sua acquisizione.

SISTEMA NERVOSO: SVILUPPO E NEUROPLASTICITÀ

Il vantaggio evolutivo dell'essere umano è legato allo sviluppo di un sistema nervoso sempre più complesso, che ha garantito anche un'alta probabilità di sopravvivenza. La formazione del SN si avvia poco dopo la fecondazione, nel corso della gastrulazione da uno dei tre foglietti embrionali, per l'esattezza dall'ectoderma, si forma la placca neurale, primo stadio del processo di neurulazione che porta alla comparsa del tubo neurale intorno alla quarta settimana di gestazione. Il tubo neurale rappresenta l'abbozzo del sistema nervoso centrale, l'area anteriore va incontro a nette modifiche, dilatandosi per dare origine a 3 vescicole primarie sede dello sviluppo del proencefalo, mesencefalo e romboencefalo.

Le 3 vescicole primarie formeranno le 5 vescicole secondarie, ciascuna sede anatomica dello sviluppo delle varie strutture cerebrali incluso talamo, ipotalamo, ponte e cervelletto.

La vescicola anteriore, da cui origina il telencefalo, crescerà più delle altre dando vita alla corteccia cerebrale.

Affinché il cervello prenda forma è necessario che avvenga la proliferazione e differenziazione neuronale da cui originano i neuroni, la maggior parte dei quali è generata nella prima metà della gravidanza. I neuroni originano da cellule progenitrici indifferenziate poste nelle zone proliferative adiacenti ai ventricoli, e dalle medesime cellule originano le cellule gliali.

Questo processo di plasticità cerebrale è una proprietà intrinseca del cervello umano e rappresenta anche la chiave dell'evoluzione. Identifica la capacità del SNC di andare incontro a modificazioni strutturali e funzionali in risposta a eventi fisiologici e patologici, oltre che a stimoli ambientali come l'apprendimento. La plasticità cerebrale supera il concetto di epigenesi predeterminata, secondo la quale il cervello era considerato geneticamente predeterminato e immutabile e incapace di rispondere alle influenze ambientali.

Il cervello è quindi un organo dinamico e plastico, i circuiti nervosi modificano la loro struttura e le loro funzioni in risposta agli stimoli che giungono sia durante lo sviluppo che nel corso della vita adulta, naturalmente nel periodo dello sviluppo la plasticità è molto alta, nella vita adulta molti circuiti permangono stabili, ma la popolazione dei neuroni conserva un certo grado di dinamicità che consente la riorganizzazione in risposta a esigenze e stimoli di tipo motorio, cognitivo e affettivo.

Sebbene buona parte dei cambiamenti avvengano nella prima infanzia, questi proseguono anche nella vita adulta, pertanto la neuroplasticità è parte dell'intero ciclo di vita.

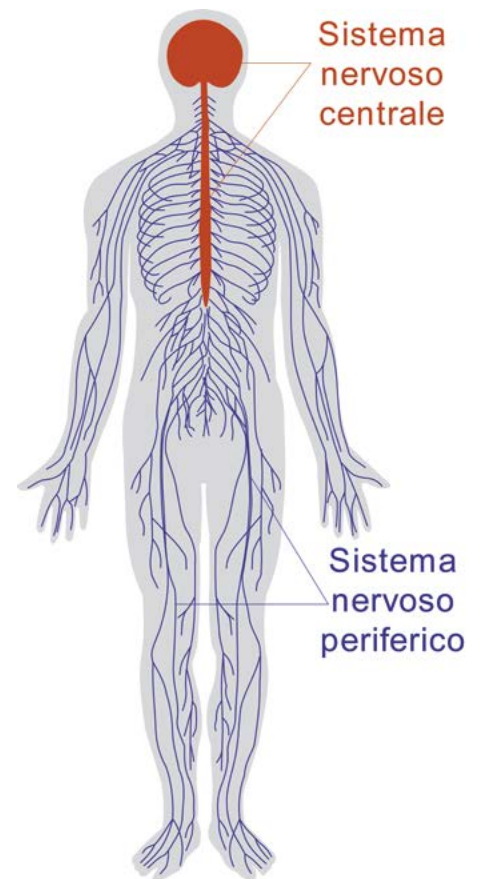


FIGURA 2: SISTEMA NERVOSO CENTRALE E SISTEMA NERVOSO PERIFERICO

La plasticità del sistema nervoso è ascrivibile a tre differenti processi:

- 1. Modifica della trasmissione sinaptica**, quindi la variazione nella capacità dei neuroni di comunicare fra loro. Questa modifica può essere di tipo funzionale, se è legata alla quantità di neurotrasmettitore liberato, o morfologica, se si modifica la struttura stessa degli elementi pre e post sinaptici, e quindi la capacità di captare i neurotrasmettitori.
- 2. Lo sprouting**, da non confondere con il prouning, ossia il germogliamento della connettività sinaptica che influenza il numero di neuroni geneticamente programmati alla nascita, che è di tipo soprannumerario. Le interazioni con l'ambiente modificano le connessioni sinaptiche, raffor-

zano quelle maggiormente utilizzate, stimolano la nascita di nuove connessioni, indeboliscono e rimuovono quelle scarsamente utilizzate. È anche possibile lo smascheramento sinaptico, che permette di attivare connessioni rimaste silenti e che si trovano a breve distanza da zone colpite da eventuali lesioni.

3. Neurogenesi: processo attraverso cui si formano nuove cellule neuronali anche negli adulti, coinvolgendo soprattutto le aree del giro dentato, dell'ippocampo e del bulbo olfattivo. La neurogenesi dell'ippocampo è determinante nei processi di apprendimento e di memoria, pertanto nuovi apprendimenti la stimola e, al contrario, condizioni di stress hanno un effetto soppressore.



FIGURA 3: HOMUNCULUS SENSORIALE, RAPPRESENTAZIONE GRAFICA

La plasticità neuronale, quindi, coinvolge il rapporto tra funzione e struttura come avviene per ogni altro organo e, in particolare, per quello che è il modellamento e adattamento muscolare agli stimoli, determinando una serie impressionante di analogie. Le esperienze di apprendimento, anche di tipo motorio, influenzano la plasticità del cervello, quindi la plasticità può essere considerata un effetto dell'apprendimento. Questo è particolarmente vero per le mappe sensoriali e motorie, ossia quelle zone della corteccia cerebrale che presentano una organizzazione

topografica della superficie corporea, e sono anche tra gli elementi più studiati in relazione alla plasticità del sistema nervoso centrale. La rappresentazione della superficie corporea, che deriva dalla densità di innervazione per le diverse regioni del corpo, dà luogo al cosiddetto homunculus sensoriale, che ricalca in modo specie specifico le aree corporee anche di altri animali in rapporto alle esigenze e modalità esplorative peculiari.

L'homunculus motorio non differisce da quello sensitivo per difformità rispetto alle dimensioni delle aree corticali in rapporto alle regioni anatomiche controllate. L'aumentato stimolo motorio e/o sensitivo determina la conseguente espansione delle rispettive aree deputate alla sensibilità e alla motricità, secondo il principio della plasticità delle mappe somatotopiche.

Prima di addentrarsi in modo più specifico nelle modalità di programmazione e svolgimento del compito motorio, un'ultima classificazione è necessario compierla per quanto riguarda le cellule nervose, prioritariamente distinguibili in cellule con ruolo funzionale e cellule di sostegno e rivestimento.

I neuroni appartengono al primo gruppo e, sebbene distinguibili anche in ragione della loro struttura, sotto il profilo funzionale si differenziano in:

- **neuroni sensoriali** (afferenti), implicati nella percezione degli stimoli dall'ambiente esterno;
- **interneuroni**, implicati nell'interpretazione degli stimoli;
- **neuroni motori** (efferenti), inviano risposte sulla base degli stimoli ricevuti.

Allo stesso modo le cellule gliali rappresentano le strutture di sostegno e rivestimento, a loro volta classificabili in:

- **astrociti:** di grandi dimensioni, prendono rapporto con i vasi sanguigni e danno luogo alla barriera ematoencefalica;
- **microglia:** di dimensioni ridotte e con prevalente ruolo macrofagico;
- **oligodendrociti e cellule di Schwann**, entrambi con ruolo di rivestimento, ma i primi implicati nel sistema nervoso centrale (SNC) e i secondi nel sistema nervoso periferico (SNP).

La comunicazione tra neuroni, e tra neuroni e organi con i quali prendono rapporto, avviene per tramite delle sinapsi, che ancora una volta possono essere distinte in **sinapsi elettriche:** caratterizzate da un passaggio diretto dell'informazione, che è rapida e senza amplificazione del segnale, è tipica del tessuto muscolare liscio, di quello cardiaco, e dei tessuti neuroendocrini; e **sinapsi chimiche:** caratterizzate dall'impiego di un neurotrasmettitore per il trasferimento del segnale, tipiche del tessuto muscolare scheletrico, e che rilasciano il neurotrasmettitore medesimo come conseguenza dell'ingresso di ioni Ca^{2+} che innescano la fusione delle vescicole presinaptiche con la membrana. Il neurotrasmettitore rilasciato può attivare risposte differenti a seconda del recettore cui si lega, ma ogni recettore è specifico per un singolo neurotrasmettitore che, al termine della sua funzione, sarà rimosso mediante un meccanismo di ricaptazione, diffusione o scomposizione enzimatica.

Tra le diverse possibili classificazioni strutturali e funzionali, quella probabilmente di maggiore rilievo nello studio del sistema nervoso è quella che permette di differenziare il SNC, rappresentato da encefalo (accolto nella cavità cranica) e midollo spina-

le (accolto nel canale vertebrale) e SNP rappresentato da nervi e gangli che collegano il SN con i recettori, i muscoli, gli organi e le ghiandole. Il SNP è poi rappresentato dal sistema nervoso autonomo, responsabile dei movimenti volontari, la cui funzione si esplica essenzialmente per tramite dei 12 nervi cranici e delle 31 paia di nervi spinali (che prendono nome dal tratto vertebrale attraversato) e il sistema nervoso autonomo che innerva organi, vasi sanguigni e ghiandole. Il sistema nervoso autonomo a sua volta si differenzia in simpatico, che si incarica dello stato di attivazione dell'individuo, regolando anche risposte ancestrali legate al meccanismo di attacco o fuga, quindi con una risposta fisiologica volta alla dilatazione delle pupille e all'incremento delle funzioni metaboliche, e il sistema nervoso autonomo parasimpatico, che invece è deputato al ripristino dell'omeostasi e cessazione della fase di allerta.

Pur senza voler ridimensionare il ruolo di ogni singolo elemento del sistema nervoso, probabilmente per complessità, e certamente come sede della neuroplasticità e delle funzioni cognitive, il cervello è l'area di maggiore interesse. Le sue strutture principali sono:

- il **tronco encefalico**, rappresentato da mesencefalo, con la funzione di collegare il ponte (struttura sottostante) col diencefalo (struttura soprastante), elabora e trasmette le informazioni uditive e visive; il ponte, collega il cervelletto, è sede di transito delle vie ascendenti e discendenti, modula l'attenzione e il ciclo sonno/veglia; il bulbo, connette il midollo spinale con il cervello, è sede di transito di tutte le informazioni da e verso la periferia, e controlla anche la respirazione.
- Il **diencefalo**, è costituito da talamo e ipotalamo. L'ipotalamo connette il SN col sistema

endocrino, controlla l'ipofisi e di conseguenza i relativi assi ormonali, il talamo è la via di ingresso della corteccia e la componente più voluminosa del diencefalo.

- Il **cervelletto**, è collegato al ponte ed è coinvolto nella programmazione, esecuzione e controllo dei movimenti.
- Il **telencefalo**, rappresenta la parte più sviluppata del cervello umano, si incarica delle funzioni complesse (linguaggio, apprendimento, problem solving, funzioni esecutive, ecc.) ed è diviso in 2 emisferi connessi dal corpo calloso tramite il quale comunicano con anche l'intervento dell'ippocampo che fa parte del sistema limbico, è implicato nei processi di memoria ed è la principale area connessa con gli adattamenti neuronali promossi dall'attività fisica.
- La **corteccia cerebrale**, è la parte più esterna del cervello, sede delle funzioni cognitive, separata dalla scissura longitudinale e divisa in 4 lobi: frontale (implicato nella pianificazione e controllo dei movimenti, ospita la corteccia motoria primaria e supplementare e le aree premotorie. Eventuali lesioni in questa sede portano ad aprassia ideomotoria o ideativa con incapacità di produrre movimenti); occipitale (sede dell'elaborazione visiva); temporale (implicato nell'elaborazione uditiva); parietale (integra le informazioni sensoriali relative a tatto, dolore, propriocezione, ecc.).

Cervello e midollo sono protetti e rivestiti da 3 membrane che sono comuni per caratteristiche e collocazione: la dura madre, più esterna, l'aracnoide e la pia madre. La corteccia cerebrale può essere differenziata sotto molteplici punti

di vista che ne aumentano di volta in volta la complessità, e vanno ben oltre la classificazione anatomica in 4 lobi, basti pensare alla suddivisione citorachitettonica che già con Brodmann nei primi anni del 1900, aveva permesso di individuare 52 regioni con specifica organizzazione cellulare e funzionale. Ciascun possibile movimento volontario, dal più semplice al più complesso, implica una serie di tappe comuni che prendono il via dall'analisi della posizione del corpo nello spazio, passano per la decisione del movimento voluto, alla programmazione delle modalità in cui si intende procedere e alla ritenzione in memoria dell'intero processo per il tempo necessario, sino al feedback sensoriale che resta attivo per tutta la fase del movimento affinché quest'ultimo sia aderente alle intenzioni iniziali che lo hanno promosso.

I movimenti volontari richiedono l'intervento e la coordinazione della corteccia cerebrale, del cervelletto e dei gangli della base. Il cervelletto confronta i segnali discendenti, che dal cervello vengono trasmessi verso la regione ventrale del midollo spinale e da qui verso una o più radici nervose, con i segnali ascendenti, che dalla periferia del corpo raggiungono per tramite di una o più radici nervose il tratto dorsale del midollo per poi risalire verso il SNC. I gangli della base ricevono afferenze da tutte le aree corticali e inviano efferenze al talamo e al tronco encefalico.

ATTIVITÀ FISICA E INTERAZIONI CON LA PLASTICITÀ NEURONALE E LA SFERA COGNITIVA

L'attività fisica non è solo una delle funzioni più importanti tra quelle che il controllo nervoso, e i muscoli come "organi effettori", consentono di fare, ma è anche un processo



che ha ricadute dirette e marcate sulla funzionalità cerebrale. Tra le più significative quelle correlate col trofismo dell'ippocampo, responsabile della memoria a lungo termine, della memoria dichiarativa, e dell'elaborazione spaziale delle informazioni. L'attività fisica stimola in modo diretto la neurogenesi, la funzionalità ippocampale e regola l'umore. Il tutto è mediato da una serie di eventi e in particolare un aumento della vascolarizzazione e il rilascio di fattori di crescita che vanno dall'oressina-A al BDNF (brain derived neurotrophic factor) il fattore di crescita neurotrofico (Chieffi S. et al, 2017).

Lo stimolo motorio, come del resto stimoli provenienti da ambienti arricchiti, e quindi che sollecitano elementi legati all'apprendimento, alla sfera cognitiva e affettiva, stimolano la neurogenesi dell'ippocampo che può determinare anche il raddoppio delle unità cellulari e consente di misurare un incremento dell'attività colinergica. Su modelli murini si assiste perfino a maggiore neurogenesi dopo l'induzione di lesioni specifiche. Il processo di neurogenesi è promosso dalla migrazione di cellule

prezzabili già dopo 3 mesi di lavoro su soggetti sedentari.

Gli effetti riguardano anche giovani dai 21 ai 45 anni, sui quali si assiste al miglioramento della memoria verbale e del riconoscimento spaziale, ma è naturalmente sugli anziani che il beneficio è maggiore. L'efficienza attentiva e il controllo del processo esecutivo sono direttamente coinvolti e, sotto gli effetti del BDNF, migliora la plasticità sinaptica e l'apprendimento in generale.

Come già detto i fattori di crescita coinvolti sono numerosi dall'IGF-1 al VEGF, ma naturalmente questo determina anche adattamenti a livello di trascrizione genica, quindi si può parlare a pieno titolo di intervento epigenetico dell'attività fisica sul sistema nervoso centrale (Karnib N, et al, 2019).

Se si tiene conto di ulteriori elementi come la fisiologica riduzione della memoria in generale, e della memoria a lungo termine nello specifico, della compromissione dell'attenzione e della velocità di elaborazione che insorgono in età anziana, e se si considera la rimozione del rischio neurotossico derivante dallo stress, l'attività fisica può essere considerata a tutti gli effetti come un intervento terapeutico, sia in termini preventivi che di trattamento.

Lo stress, infatti, è una risposta aspecifica determinata da diversi tipi di stimoli, che possono essere fisici, ma anche psichici, cognitivi, emotivi ecc. In presenza di una condizione di stress cronico la quota di cortisolo circolante aumenta, e al netto di altre gravi conseguenze organiche, questa determina un incremento nell'ingresso di ioni Ca^{2+} con effetto neurotossico sull'ippocampo e sulla sua funzionalità.

L'attività fisica invece agisce direttamente nel ridurre le condizioni di stress, anche per mezzo del lattato prodotto con lavori di media/alta intensità. Il lattato è in grado di su-

perare la barriera ematoencefalica, raggiungere l'ippocampo, stimolando il rilascio di dopamina e BDNF, con ricadute sia sull'umore che sul trofismo (Carrard A.; et al, 2021).

Un minore volume dell'ippocampo correla infatti con stati depressivi, promossi da bassi livelli di oressina. In pazienti con istinti suicidari è stata individuata una bassa presenza di oressina e BDNF indotta da uno stato di sostanziale immobilità, innescando un circolo vizioso che determina l'incremento dei rischi.

Alti livelli di lattato si suppone possano stimolare la sinaptogenesi ed è per questo che l'attività fisica migliore è verosimilmente quella aerobica alternata a quella ad alta intensità. Diversi studi hanno dimostrato come allenamenti HIIT svolti dopo l'esposizione ad uno stimolo ne migliorano l'apprendimento, perfino dopo una singola sessione (Roig, et al, 2012), migliorando abilità motorie, memoria dichiarativa, memoria spaziale. La memoria dichiarativa (o esplicita) riguarda le informazioni consapevolmente evocabili per tramite di stimoli verbali e non verbali. Soggetti sottoposti a sessioni di HIIT a distanza di 4 ore da una sessione di apprendimento, dimostravano a livello della memoria dichiarativa una performance maggiore (Dongen, et al, 2016). Quindi l'attività fisica opera con uno stimolo al rilascio di norepinephrina che migliora l'attenzione, la percezione e la motivazione; di BDNF che protegge e ripara i neuroni e ne stimola la genesi; di dopamina che migliora motivazione, concentrazione e apprendimento, di endorfine e serotonina che possono contrastare le condizioni di dolore e di stress prevenendone la neurotossicità.

Sebbene l'ippocampo sia quello maggiormente coinvolto, anche la corteccia frontale e temporale sono tra quelle che traggono enormi benefici dall'attività fisica in termini di miglioramento neurocognitivo. All'a-

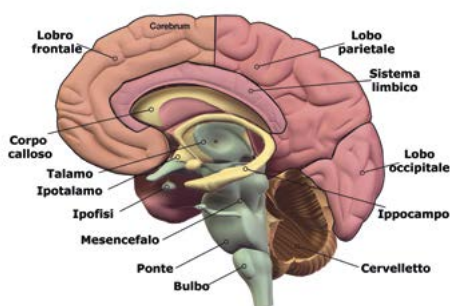


FIGURA 4: PRINCIPALI AREE ANATOMICHE CEREBRALI

multipotenti dal giro dentato, che porta alla nascita di neuroni e cellule gliali. L'insieme di adattamenti che ne consegue, oltre a migliorare le performance cognitive, è in grado di agire direttamente nel contrastare il declino cognitivo, con risultati ap-

zione diretta si somma l'azione indiretta. Analizzando infatti gli elementi che operano in termini preventivi sul decadimento cognitivo se ne possono annoverare di 4 diversi tipi: quelli con solide evidenze scientifiche, quelli con moderate evidenze, quelli con basse evidenze e quelli con evidenze incerte.

Tra quelli con solide evidenze scientifiche rientrano l'ipertensione, il fumo e il diabete, e certamente l'attività fisica può intervenire perlomeno sull'ipertensione e sul diabete in termini di prevenzione e ridimensionamento della gravità. Tra i fattori con moderata evidenza scientifica rientrano la dieta mediterranea e gli stimoli cognitivi.

Tra quelli con un numero di evidenze non ancora sufficienti ci sono i disturbi del sonno, e le dislipidemie (e anche su questi fronti l'attività fisica può esercitare dei vantaggi), infine

gli aspetti sociali non hanno ancora evidenze chiare, ma in ogni caso rientrano tra gli eventi che l'attività fisica certamente aiuta a promuovere (Edwards G. A et al, 2019).

In ultimo, l'attività fisica è purtroppo molto spesso compromessa dall'uso

di anabolizzanti, i cui effetti avversi sulle strutture cardiache, epatiche, ecc. sono noti. Anche a livello cerebrale la ricerca associa un uso di steroidi all'incremento dei processi di invecchiamento (Bjørnebekk, 2021) vanificando di fatto i benefici precedentemente elencati.

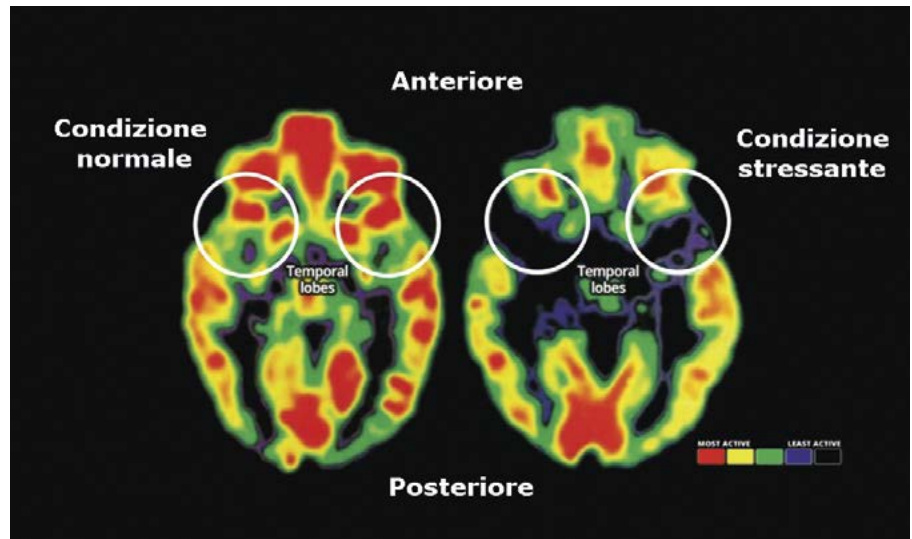


FIGURA 5: EFFETTO NEUROTOSSICO DELLO STRESS SUL CERVELLO

ABSTRACT

Neuroscience: history and research's field, introduction to nervous system basic structure and functioning, links between physical activity and cognitive performance improvement, mood and long-term memory

BIBLIOGRAFIA

1. Bjørnebekk A. et al., Long-term Anabolic-Androgenic Steroid Use Is Associated With Deviant Brain Aging; *Biol Psychiatry Cogn Neurosci Neuroimaging*. 2021 May;6(5):579-589
2. Carrard A. et al., Role of adult hippocampal neurogenesis in the antidepressant actions of lactate. *Molecular Psychiatry*. 2021 May 14:1-3.
3. Chieffi S. et al., Exercise Influence on Hippocampal Function: Possible Involvement of Orexin-A, *Front Physiol*. 2017; 8: 85
4. Dongen et al, Physical Exercise Performed Four Hours after Learning Improves Memory Retention and Increases Hippocampal Pattern Similarity during Retrieval; 2016 Jul 11;26(13):1722-1727.
5. Edwards G. A. et al., Modifiable Risk Factors for Alzheimer's Disease, *Front Aging Neurosci*. 2019 Jun 24;11:146.
6. Kandel Eric K., *Principi di neuroscienze*, 4° edizione, CEA, milano
7. Karnib N., et Al. Lactate is an antidepressant that mediates resilience to stress by modulating the hippocampal levels and activity of histone deacetylases. *Neuropsychopharmacology*. 2019 May;44(6):1152-1162.
8. Roig et Al., A single bout of exercise improves motor memory; *PLoS One*. 2012;7(9):e44594.
9. Vinci A. L., *Psicologia e neuroscienze*, weblesson, UniFortunato, Benevento, 2021
10. Copyright Img: 1 - San Diego Brain Injury foundation; 2 - shutterstock/Systemoff; 3 - Wikipedia; 4 - shutterstock/Hank Grebe; 5 -Purpose Built Communities

