

ESERCIZIO FISICO E NEUROBIOLOGIA

Relazione tra potenziamento muscolare
e potenziamento cognitivo

DOTT. FRANCESCO CRISAFULLI



INDICE

Introduzione sulla neuroanatomia

- 1.1 Anatomia del sistema limbico;
- 1.2 I principali ormoni e neurotrasmettitori;

La formazione di ricordi e lo stress sistemico

- 2.1 Come vengono impresse le emozioni;
- 2.2 Ricordi in seguito ad eventi stressogeni;

Dimostrazione pratica

Allenamento ad alta intensità

- 4.1 Definizione del concetto di intensità;
- 4.2 Profilo ormonale dell'allenamento ad alta intensità;
- 4.3 Durata dell'allenamento ad alta intensità;

Neurogenesi

- 5.1 Che cos'è la neurogenesi;

Introduzione

1.1 Anatomia del sistema limbico

Il sistema limbico è una parte del sistema nervoso centrale. Precisamente si tratta di una delle componenti del sistema nervoso autonomo, che è quella parte del cervello che regola le funzioni omeostatiche e annesse. L'omeostasi è uno stato di "normalità" del nostro corpo, tenuto tale proprio dal controllo svolto da queste aree specializzate (ed autonome, come suggerisce il nome) del nostro apparato nervoso. Il sistema limbico è l'ultima zona — se si intende una divisione gerarchica verticale delle componenti — del sistema nervoso autonomo. E' composto a sua volta da diverse regioni che svolgono funzioni di controllo su altri organi gerarchicamente inferiori e diverse funzioni dirette. Nel sistema limbico vengono evidenziate due regioni principali: una **regione corticale** e una **regione subcorticale**. A loro volta queste regioni sono suddivise in parti componenti che hanno delle precise funzioni integrate tra di loro, seppure conservando in larga parte un'indipendenza per quanto riguarda la specificità (Fig. 1).

Sebbene non esista una struttura anatomica univocamente condivisa, alcune informazioni riguardanti le funzioni del sistema limbico sono ormai conosciute e affermate. Prima di tutto i circuiti integrati — si intende che ogni componente del sistema limbico lavora in stretta interconnessione l'uno con l'altro — che stanno alla base dell'**elaborazione emozionale** degli stimoli esterni e interni dell'essere umano.

In secondo luogo e sicuramente non come importanza, la gestione della memoria. Nel corso degli anni, i ricercatori sono riusciti a dare forma a diversi modelli d'interazione (che non sono oggetto di questa breve guida di orientamento) del sistema limbico, interni, che hanno poi dei risvolti anche a livello motorio. Pertanto, il sistema limbico presenta più circuiti di eccitazione, substrati neuronali di importanza sia per l'emotività che per la memoria. Come descriveremo in seguito, la fissazione degli engrammi di memoria dipende dall'attivazione simultanea delle vie del sistema limbico.

1.2 I principali ormoni e neurotrasmettitori

Che cosa intendiamo quando utilizziamo la parola ormone? E invece neurotrasmettitore? Si tratta di molecole che vengono prodotte da determinati centri del nostro organismo e che servono principalmente a trasportare delle precise istruzioni (o messaggi) al fine di far sì che altre parti del nostro organismo svolgano determinate funzioni. Gli ormoni possono essere prodotti sia in sede, quindi per regolare l'organo stesso che li sta producendo, oppure rilasciati nel circolo sanguigno per far sì che raggiungano degli organi bersaglio. I neurotrasmettitori sono una classe particolare di ormoni, e possiedono questo nome a causa della loro funzione prettamente diretta a tessuti nervosi, o generalmente dotati di un qualche tipo di sinapsi (come ad esempio la giunzione neuromuscolare).

La nostra attenzione si rivolge, nel discorso della formazione della memoria emozionale, a tre principali ormoni: **adrenalina**, **noradrenalina** e **dopamina**. Queste particolari molecole sono chiamate catecolamine.

Mentre le ultime due funzionano prevalentemente come neurotrasmettitori, l'adrenalina funziona principalmente come un neurormone (quindi rilasciato sia a livello ematico, che a livello delle sinapsi). Ognuna di queste sostanze è prodotta da una tipologia specifica di cellule, ma sono tutte e tre intimamente collegate. Provengono infatti tutte e tre dall'amminoacido tirosina e in seguito a reazioni di trasformazione ad opera di determinati enzimi, assumono diverse forme. Partendo dalla tirosina, si può quindi giungere per successivi step, fino all'adrenalina, passando per la dopamina prima, e la noradrenalina poi.

La secrezione di questa tipologia di molecole, e la loro regolazione, è sotto attenta osservazione del sistema limbico, che come abbiamo già spiegato risponde anche in buona parte agli stimoli esterni. L'adrenalina ad esempio, è un ormone che viene secreto durante lo stimolo di flight-or-fight. Si tratta di una particolare risposta inconscia del nostro organismo che tende ad "attivare" (grazie all'adrenalina) la muscolatura e

il cuore e a ridurre l'attività e l'afflusso di sangue agli organi non necessari per prepararci a **combattere o fuggire**. Durante questo meccanismo s'innesca anche la noradrenalina che è in parte anch'essa prodotta dalle ghiandole surrenali. Entrambi questi ormoni sono utilizzati per mediare la risposta del sistema nervoso simpatico (ovvero, quell'insieme di risposte agli stimoli del sistema nervoso autonomo che si innescano quando ci si sente minacciati, sotto stress o anche dalla sola aspettativa di una situazione ritenuta stressogena).

Per quanto riguarda la dopamina invece, parliamo del neurotrasmettitore tra i più conosciuti. Questa molecola si occupa principalmente del circuito della ricompensa nel cervello. Spesso ha delle funzioni agoniste a quelle della noradrenalina. Nel momento in cui si ottiene una ricompensa (celebri sono gli esperimenti animali sul condizionamento del comportamento) le sinapsi vengono inondate di dopamina. Maggiore ne è la secrezione dal momento in cui la ricompensa è qualcosa di desiderato e presente nelle aspettative della persona (come un riconoscimento o un premio in denaro).

Ognuno di questi tre attori di cui abbiamo parlato sono importanti per la risposta allo stress, la formazione della memoria emozionale a seguito di eventi negativi e positivi, così definiti dai nostri circuiti cerebrali.

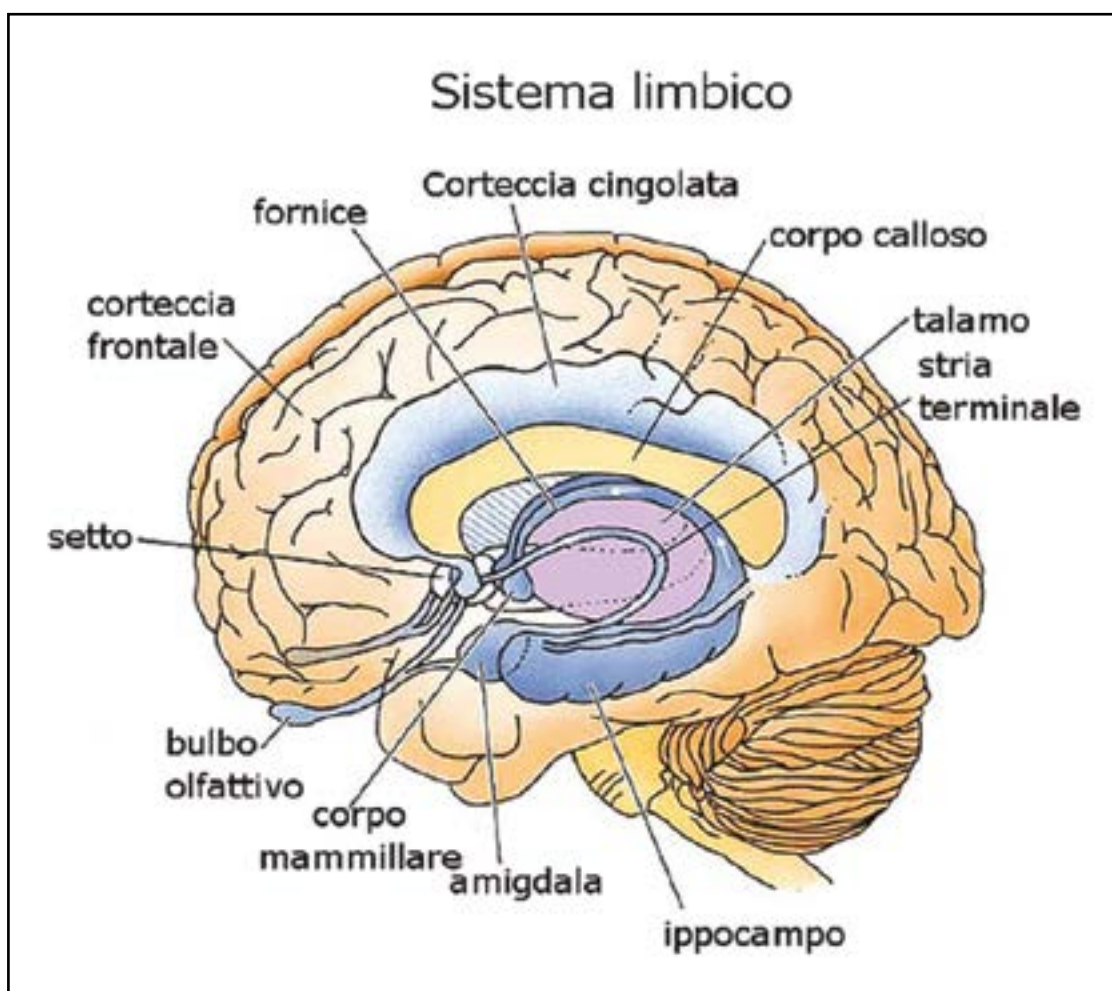


Figura 1: Parti del sistema limbico [Cardinali 2017]

La formazione dei ricordi e lo stress sistemico

2.1 Come vengono impresse le emozioni

Come definiamo il concetto di **emozione**? Una delle più classiche definizioni del concetto di emozione è: uno stato psicologico positivo o negativo in connotazione, collegato ad un livello di attività fisiologica.

In sostanza, l'emozione può avere una connotazione variabile in termini di piacevolezza per l'individuo, ma sicuramente identificabile sullo spettro che va da totalmente negativa a totalmente positiva.

Collegata a questa soggettiva connotazione, c'è da considerare che è possibile provare emozioni negative che prevedono uno stato di allerta e attività dell'organismo (paura, euforia) e altre che invece sono più sul versante dell'inattività (tristezza, calma, serenità).

Emozioni e connotazioni emozionali sono regolate dall'amigdala, l'organo parte del sistema nervoso autonomo. Infatti, anche essendo il centro primario della regolazione emotiva, collabora in stretto contatto con altre aree del cervello e con la corteccia prefrontale (che è la parte funzionale della coscienza) al fine di caratterizzare le esperienze e poi tramite le proiezioni verso l'ippocampo, la memoria.

Le emozioni, o gli stati emotivi, sono spesso stati anche definiti come la connotazione soggettiva di stessi stati fisiologici. Infatti, spesso durante il corso del tempo è stato osservato come alcuni stati emotivi avessero dei connotati fisiologici simili, quindi non spiegabili da teorie che vedevano diverse reazioni fisiche per ogni singola emozione.

Le emozioni sono connotazioni soggettive in base alla percezione dell'alterazione fisiologica del momento in cui ci troviamo; questo ovviamente è influenzato da memorie precedenti e quindi strettamente collegato alla rievocazione di traumi o successi precedenti.

2.2 Ricordi in seguito ad eventi stressogeni

Il discorso che riguarda le catecolamine e quello precedente sull'amigdala, il sistema limbico e il sistema nervoso autonomo ci viene in aiuto ora che bisogna capire come fa il nostro cervello a formare (almeno una delle modalità) la memoria.

Si tratta di una delle aree più studiate dalle discipline neurobiologiche e psicologiche, e la memoria come concetto ha assunto diverse sfumature, transizionato attraverso molti modelli fino ad arrivare a dei solidi riferimenti. La memoria ha varie fasi prima di arrivare alla consolidazione; sicuramente avrete sentito parlare di memoria a breve termine e a lungo termine. Queste sottigliezze però non ci interessano, almeno non tanto quanto il collegamento tra fattori ormonali e la memoria legata all'emotività. Dobbiamo sicuramente partire col dire che vivere un evento di forte connotato emotivo riesce a dare maggior input alla memoria, permettendo ai ricordi di essere legati in maniera molto più salda, vivida e nitida all'interno della mente di una persona. Questo è facilmente stato correlato al fatto che nelle zone del cervello adibite alla modulazione emotiva e dei ricordi (amigdala e ippocampo), la presenza di recettori adrenergici (recettori dell'adrenalina e noradrenalina) aumenta durante un evento fortemente emotivo.

E' stato anche dimostrato come invece lo stress sia in grado di danneggiare la memoria, specialmente la memoria a breve termine e le capacità cognitive delle persone. Questo dato dal profilo ormonale che vede un'eccessiva produzione di cortisolo e ormoni corticotropi.

Ciò vuol dire che quei neurotrasmettitori legati alla fight-or-flight response di cui abbiamo parlato nei precedenti paragrafi, possono allo stesso modo essere prodotti nel momento in cui c'è una situazione che viene valutata, per associazione inconscia, simile ad una situazione già vissuta (piacevole o traumatica che sia). Così il nostro cervello riesce a immagazzinare esperienze emotive e a riviverle nel momento in cui ci viene presentata una situazione simile.

DIMOSTRAZIONE PRATICA

Allenamento ad alta intensità

4.1

Definizione del concetto di intensità

Il concetto di intensità di allenamento è stato definito numerose volte e seguendo diversi parametri. Perché si parla di intensità di allenamento? Dalla nascita della scienza dell'allenamento e della teoria, si sono rese necessarie delle tecniche per migliorare la performance degli atleti nel corso del tempo. Da semplice sforzo mirato ad un obiettivo, lo sport ha iniziato — fin dall'antichità — ad essere studiato sempre con maggiore interesse.

Nello scorso secolo poi, con l'avvento dei concetti di periodizzazione e programmazione era necessario definire dei parametri che fossero misurabili e che potessero dare un indice di ciò che si stava effettivamente facendo.

Il concetto di intensità di allenamento infatti si inquadra con parametri soggettivi (scale di valutazione dello sforzo percepito), oppure oggettivi (frequenza cardiaca, consumo di ossigeno, markers biologici). L'intensità è uno dei parametri da tenere in considerazione dal momento che si vuole programmare il proprio allenamento e impostare degli obiettivi a lungo termine. Tuttavia, questa breve narrazione riguarda altri aspetti dell'intensità di allenamento. Ritornando alla pura definizione di questo parametro, uno dei più comuni metodi di identificazione è quello della percentuale sul totale; di solito la percentuale è ottenuta sondando tramite appositi test il massimo (che corrisponderà al 100%) e via via capendo a quale percentuale il parametro di indagine corrisponda (ad esempio, il 70% della frequenza cardiaca massima avrà dei valori compresi tra x/y bpm).

La frequenza cardiaca è uno dei parametri fisiologici che si monitorano per stimare l'intensità dello sforzo

fisico, ma come già spiegato ne esistono molti altri (alcuni anche soggettivi).

L'intensità quindi ci suggerisce l'entità dello sforzo, sia percepito che empiricamente stimato, della persona.

4.2

Profilo ormonale dell'allenamento ad alta intensità.

Trattandosi di un argomento complesso e di estesa mole di evidenze scientifiche, ci teniamo nel dire che estrapoleremo solamente alcuni brevi concetti per quanto riguarda gli ormoni e l'allenamento ad alta intensità. Questo in funzione di ciò che abbiamo già presentato e discusso nei paragrafi precedenti, e anche per ciò che concerne il paragrafo successivo. L'allenamento ad alta intensità non può comunque prescindere dagli altri parametri se si vuole tenere in considerazione il profilo ormonale; la nostra non vuole essere una trattazione pressapochista o poco precisa, ma volutamente selettiva in seno alla prospettiva finale.

Chiarito questo punto, bisogna tenere in considerazione che con l'aumentare dell'intensità, generalmente vengono prodotte un maggior quantità di catecolamine: in primis adrenalina e noradrenalina.

Questo perché lo stress sistemico a cui è sottoposto il sistema nervoso centrale viene gestito con una reazione che dev'essere in grado di contrastarlo.

Tra gli ormoni di cui invece non abbiamo parlato ancora, sicuramente la produzione di testosterone è abbondante e direttamente dipendente dall'intensità (maggiore è l'intensità e maggiore è la quantità di testosterone prodotto); perché questo ci interessi vi sarà più chiaro nel prossimo paragrafo sulla neurogenesi. Sicuramente abbiamo detto che le catecolamine hanno il pregio di interagire sulle strutture del sistema lim-

bico e del sistema nervoso autonomo per formare la memoria emozionale.

Questo cosa ha a che fare però con l'allenamento ad alta intensità? Per adesso basti tenere in considerazione che ad intensità vicino a quelle massimali (intensità submassimale) si ottengono forti secrezioni di catecolamine e di testosterone (sia negli uomini, e per le donne altrettanto, solo con ridotti quantitativi dell'ultimo).

4.3 Durata dell'allenamento ad alta intensità

La durata di un allenamento ad alta intensità può essere intesa come durata totale o durata del singolo bout (serie, esercizio, frazione). Generalmente le tipologie di allenamento spaziano a seconda di come si decide di allenare il proprio corpo: se tramite corsa, nuoto, pedalata, esercizi di muscolazione e così via.

Attraverso tutte le tipologie di allenamento, rimane comunque il comune buon senso nell'idea che intensità di allenamento e durata sono inversamente proporzionali.

Questo significa che qualora il mio allenamento diviene più intenso, tendenzialmente tenderà a durare di meno di un allenamento ad intensità ridotta. Riteniamo doveroso dire che questo semplice paradigma è una semplificazione estrema di come si può e si gestisce l'allenamento in generale, perché non tiene conto di numerosi altri parametri che tenderebbero però solo a complicare il discorso, motivo per cui preferiamo escluderli. Perché parlare di durata dell'allenamento ad alta intensità allora? Semplicemente perché vogliamo ricollegare il discorso ormonale e specialmente delle catecolamine alla durata dello tesso appunto. C'è da dire sicuramente che le adrenalina e noradrenalina vengono prodotte durante l'esercizio fisico a qualunque intensità, ma con concentrazione del tutto variabile a seconda appunto, dell'intensità stessa e della durata (tralasciando sempre gli altri parametri che abbiamo accennato poco prima).

I rischi di un allenamento ad alta intensità fuori misura, quindi protratto eccessivamente sia nella singola seduta che nel corso del tempo, sono quelli di rendere i

muscoli meno sensibili alle catecolamine stesse. Questo porta ad una desensibilizzazione, che alla lunga porta ad una ridotta performance che potrebbe sfociare in sintomi di affaticamento cronico.

Ne è il caso particolare proprio se l'intensità è troppo elevata per troppo tempo e per troppe sedute.

Sicuramente il beneficio dell'allenamento ad alta intensità sta nel saperlo dosare, in termini di durata all'interno della singola seduta di allenamento (in molti protocolli viene combinato con l'esercizio di intensità moderata) e sia all'interno dell'arco temporale in cui si inserisce (ciclo di allenamento su base settimanale e mensile).

Neurogenesi

5.1 Che cos'è la neurogenesi

Per neurogenesi si intende il processo con cui vengono prodotte nuove cellule nervose a partire da un pool di cellule staminali. A seguito di questo processo, le cellule nervose progenitrici (ovvero quelle derivate dalla proliferazione delle staminali a seguito di determinati stimoli) vanno incontro a una determinata differenziazione in grado di fargli assumere forme e funzioni specifiche cambiandone la natura in cellule differenziate. Il processo di neurogenesi è più informalmente conosciuto come l'accrescimento dell'apparato nervoso negli animali e nell'uomo. Fino alla fine dello scorso millennio le evidenze scientifiche dimostravano come questo tipo di processo potesse avvenire solamente in fase embrionale e che le cellule nervose adulte non andassero incontro a mitosi. Questa ultima proposizione rimane tale. Le cellule nervose adulte non vanno incontro a mitosi (così come neanche quelle muscolari), a differenza di tutte le altre cellule adulte dell'organismo. Queste però possono formare nuovi collegamenti tra di loro, nuove connessioni, e rimangono generalmente insieme all'individuo per tutta la durata della sua vita (con le dovute eccezioni).

Nel momento in cui sono state sviluppate nuove tecniche di indagine cellulare, si è scoperto che la neurogenesi avviene anche nel cervello adulto, anche se circoscritta ad alcune zone ed alcune aree cerebrali. Specificamente nell'ippocampo — zona dove la neurogenesi è attiva da un pool di cellule neuronali staminali — che presenta delle precise zone in cui avviene questa proliferazione.

E' stato osservato inoltre come questa neurogenesi sia ridotta in condizioni patologiche e con l'avanzare dell'età, mentre sia elevata in soggetti giovani, in soggetti in crescita (che comunque mostrano questo tipo di processo anche in altre zone cerebrali) e in soggetti sottoposti ad ambienti pieni di stimoli e, per quello che ci interessa, a soggetti che praticano attività fisica.

Il movimento in generale, in tutte le sue forme, è stato ormai appurato come notevole fattore in grado di potenziare l'attività neurogenetica anche in persone affetti

da determinate condizioni patologiche (Alzheimer, demenza senile). C'è da tenere in considerazione che, dal momento in cui ci stiamo occupando prevalentemente di attività fisica ad alta intensità, vogliamo concentrare la trattazione a quest'ultima, senza divagare.

Al lettore attento, due sono le domande spontanee che sorgerebbero in mente dopo aver letto i vari paragrafi: la neurogenesi ha qualcosa a che vedere con gli ormoni e la memoria? L'attività fisica intensa che rapporto ha circa questo processo?

Ebbene tenetevi forte, perché stiamo finalmente per fare il punto della situazione. Abbiamo già spiegato come l'amigdala ha la funzione di gestire le proiezioni a diversi centri del sistema nervoso autonomo, uno di questi è proprio l'ippocampo. I due centri lavorano a stretto contatto per gestire la memoria, infatti l'amigdala entra in gioco nel discorso emotivo legato alle memorie. La neurogenesi è importante dal momento in cui i nuovi neuroni generati donano una maggiore plasticità e una maggiore facilità di stimolazione agli impulsi elettrochimici, quindi una più facile interconnessione con gli altri neuroni. Le nuove connessioni, come abbiamo già accennato, sono anche possibili ai "vecchi" neuroni. Con la differenza che è stato osservato come questi abbiano bisogno di maggiori stimoli in termini di impulsi elettrici per formare queste connessioni e siano "meno reattivi". Si potrebbe dedurre che un cervello in cui fattori ambientali ed esterni (quindi azioni dell'individuo) spingano ad una maggiore attività di neurogenesi rimanga più performante.

L'attività fisica è in grado di stimolare un fattore di crescita chiamato BDNF (Brain Derived Neurotropic Factor). Questo peptide è spesso studiato come marker della neurogenesi, e non senza un valido motivo. E' stato osservato come il BDNF sia espresso maggiormente e con conseguente neurogenesi in determinate condizioni. Tra queste condizioni c'è appunto l'attività fisica ad alta intensità (regolata in maniera sapiente e attenta, quindi non eccessiva e sconsiderata). Dunque abbiamo un rapporto di causa diretto tra i due fenomeni.

Bibliografía

Cardinali, D. P. (2007). *Neurociencia aplicada: sus fundamentos*, Ed. Médica Panamericana.

Cardinali, D. P. (2017). *Autonomic Nervous System: Basic and Clinical Aspects*, Springer.

Dishman, R. K., et al. (2006). "Neurobiology of exercise." *Obesity (Silver Spring)* 14(3): 345-356.

Dishman, R. K. and P. J. O'Connor (2009). "Lessons in exercise neurobiology: the case of endorphins." *Mental Health and Physical Activity* 2(1): 4-9.

Fry, A., et al. (1994). "Catecholamine responses to short-term high-intensity resistance exercise overtraining." *Journal of Applied Physiology* 77(2): 941-946.

Fry, A. C., et al. (2006). " β 2-Adrenergic receptor downregulation and performance decrements during high-intensity resistance exercise overtraining." *Journal of Applied Physiology* 101(6): 1664-1672.

Fuchs, E. and E. Gould (2000). "Mini-review: in vivo neurogenesis in the adult brain: regulation and functional implications." *Eur J Neurosci* 12(7): 2211-2214.

Hawkey, C., et al. (1975). "Changes in Blood Catecholamine Levels and Blood Coagulation and Fibrinolytic Activity in Response to Graded Exercise in Man." *British journal of haematology* 29(3): 377-384.

Isaacson, R. (2013). *The limbic system*, Springer Science & Business Media.

LaBar, K. S. and R. Cabeza (2006). "Cognitive neuroscience of emotional memory." *Nature Reviews Neuroscience* 7(1): 54.

Osumi, N., et al. (2008). "Concise review: Pax6 transcription factor contributes to both embryonic and adult neurogenesis as a multifunctional regulator." *Stem Cells* 26(7): 1663-1672.

DOTT. FRANCESCO CRISAFULLI

Professional Trainer
Neuroscience Specialist

Tel: (+39) 320 4132887