

# Stai attento!

Alda Colleoni<sup>1</sup>, Mariella Allegretti<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Logopedista; <sup>2</sup> Neuropsichiatra infantile, UO Neuropsichiatria Infantile e dell'Adolescenza, AUSL della Romagna, Forlì

L'attenzione è una funzione fondamentale della nostra vita quotidiana, che ci consente di regolare la nostra percezione e azione in risposta all'ambiente circostante. Questo articolo esplora l'importanza dell'attenzione in termini cognitivi e neurali, concentrandosi sulle reti cerebrali coinvolte nella sua regolazione. Le reti di attivazione, selezione e controllo lavorano per indirizzare la nostra attenzione verso stimoli rilevanti, fornendo una base per l'elaborazione e l'azione mirata, nonché per la regolazione affettiva. Lo sviluppo dell'attenzione inizia dalla prima infanzia, con importanti cambiamenti nelle capacità attentive che si verificano durante l'infanzia e l'adolescenza. Si discute anche del ruolo dell'attenzione nei disturbi neurologici e psicologici, evidenziando come i deficit di attenzione rivestano un ruolo importante in molti quadri patologici e nelle difficoltà scolastiche. Infine si sottolinea l'importanza di comprendere le basi neurali dell'attenzione per sviluppare interventi efficaci per affrontare questi disturbi.

*Attention is a fundamental aspect of our daily lives, enabling us to regulate our perception and action in response to the surrounding environment. This article explores the importance of attention in cognitive and neural terms, focusing on the brain networks involved in its regulation. Activation, selection, and control networks work to direct our attention towards relevant stimuli, providing a basis for processing and targeted action, as well as affective regulation. Attentional development begins in early childhood, with significant changes in attentional capacities occurring during childhood and adolescence. The role of attention in neurological and psychological disorders is also discussed, highlighting how attention deficits play a significant role in many pathological conditions and academic difficulties. Finally, the importance of understanding the neural bases of attention to develop effective interventions for addressing these disorders is emphasized.*

## L'attenzione

Quante volte ci siamo sentiti dire “Stai attento/a”... Fin dai primi anni di vita, genitori e insegnanti ci esortano a “prestare attenzione”. Cosa intendiamo quando chiamiamo qualcuno per prestare attenzione? Cosa stiamo chiedendo in termini cognitivi e di funzione cerebrale? L'attenzione può essere definita come: i meccanismi cognitivi che consentono la regolazione flessibile della percezione e dell'azione che è caratteristica del comportamento strategico. Lo sviluppo di meccanismi di attenzione, di attivazione, selezione e controllo sia nella filogenesi sia nell'ontogenesi supporta la straordinaria capacità di autoregolazione della cognizione e dell'azione di cui gli esseri umani sono capaci. La struttura cognitiva della nostra mente (e i processi cerebrali che lo consentono) impone limiti agli input sensoriali e alle tendenze dei pensieri che possono essere consapevolmente elaborati. Pertanto si è evoluto un meccanismo per aiutarci a regolare le informazioni che elaboriamo e decidere come voglia-

mo rispondere a esse. Questo meccanismo è l'attenzione. La percezione cosciente è altamente modulata dall'attenzione. Percepriamo una versione altamente modificata del mondo che è filtrata dai nostri interessi e intenzioni (cioè l'attenzione dall'alto verso il basso), così come le caratteristiche della stimolazione che configurano la scena (cioè l'attenzione guidata dallo stimolo). La selezione attentiva è necessaria per dare priorità all'elaborazione di particolari input sensoriali o rappresentazioni interne in base alla loro rilevanza o ai desideri volontari dell'individuo.

## Attenzione esogena e attenzione endogena

Quando qualcuno ci chiama per prestare attenzione a qualcosa, possiamo sperimentare sia l'esplosione di attivazione sia l'orientamento verso la particolare fonte di informazioni che di solito accompagna l'attenzione; in questo caso l'attenzione è guidata da un cambiamento nella stimolazione proveniente dall'ambiente (la voce della persona, in questo particolare esempio); quando questo accade, ci si riferisce all'attenzione esogena o guidata dallo stimolo. Questo tipo di attenzione è sia anatomicamente che cognitivamente diverso da quando scegliamo cosa e dove prestare attenzione, perché abbiamo un'aspettativa sull'ambiente o un obiettivo o un'intenzione generata internamente. Quest'altra forma di attenzione è indicata come attenzione endogena o mirata. È ormai acquisito che l'attenzione è necessaria per regolare le risposte in situazioni che richiedono un controllo attento e deliberato delle azioni, diversamente da quando operiamo azioni frequenti e ben apprese [1,2]. Si pensi a un guidatore esperto: l'azione del guidare non gli richiede particolare attenzione. Quando però la strada è sconnessa o il manto stradale è particolarmente scivoloso i sistemi attentivi vengono reclutati per avere una guida più attenta. Pertanto lo stato di attenzione può essere definito come uno stato di attivazione ottimale che consente di selezionare le fonti di informazione e le linee d'azione al fine di ottimizzare la nostra interazione con l'ambiente in conformità con gli obiettivi e le intenzioni o la rilevanza della stimolazione. Grazie alle neuroimmagini è stato possibile determinare con crescente precisione le aree coinvolte nelle reti o meglio dei network attentivi. In particolare alcuni ricercatori hanno individuato tre diverse reti cerebrali legate alle funzioni attentive [3]: una rete esecutiva centrale frontoparietale (CEN) che comprende la corteccia prefrontale dorsolaterale (DLPFC) e la corteccia parietale posteriore (PPC), correlata alla manutenzione e alla manipolazione delle informazioni e al processo decisionale del comportamento orientato all'obiettivo; una rete in modalità predefinita (DMN), che include la corteccia prefrontale ventromediale (VMPFC) e la corteccia cingolata posteriore (CCP), associata alla cognizione orientata internamente e sociale; una rete di salienza (SN) con nodi nella corteccia fronto-insulare destra (rFIC) e nella corteccia cingolata anteriore (ACC), coinvolti nell'attenzione e nei processi interocettivi e affettivi [4].

Le reti svolgono un ruolo forte nella regolazione del comportamento, nel controllo affettivo sia positivo sia negativo e dell'input sensoriale; danno anche origine alla consapevolezza del contenuto che si esprime nel comportamento volontario. Quando le attività richiedono uno stato di maggiore attenzione rispetto ad attività più routinarie, i circuiti esecutivi mostrano una maggiore integrazione funzionale e interagiscono con le regioni del cervello incaricate di elaborare le informazioni che sono relative all'attività in questione, al fine di adattare la loro funzione agli obiettivi contingenti [6,7]. Sono segnali che hanno origine nelle regioni fronto-parietali e mostrano connettività funzionale con le regioni parietali dorsali di entrambi gli emisferi [8,10]. Inoltre, una serie di regioni ventrali frontali e parietali dell'emisfero destro risponde alla

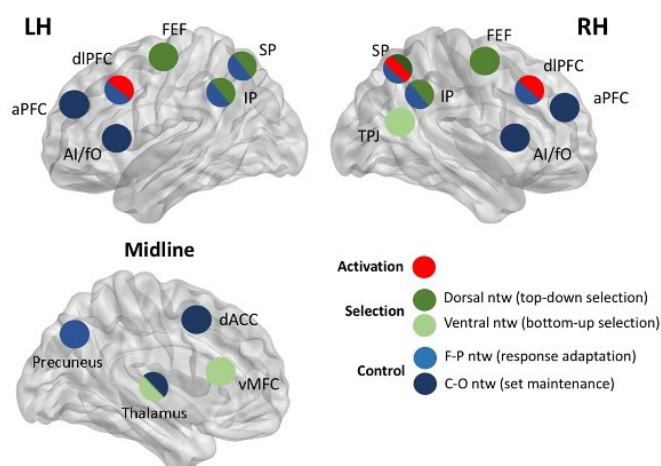


Figura 1. Rappresentazione grafica delle reti cerebrali coinvolte nell'attivazione (rosso), nella selezione (verde) e nel controllo (blu). I nodi della rete di attivazione si trovano nella corteccia prefrontale dorsolaterale (dlPFC) e nel lobo parietale superiore (SP). Due reti separate sono state coinvolte nella selezione dell'attenzione, la rete ventrale comprende la giunzione temporo-parietale (TPJ), il talamo e la corteccia prefrontale ventromediale (vmFC); la rete dorsale comprende i campi oculari frontali (FEF) e il solco intraparietale/lobo parietale superiore (IP/SP). Infine, l'attenzione esecutiva è associata a due circuiti distinti: la rete cingulo-opercolare (C-O), coinvolta nella rappresentazione di obiettivi e intenzioni, che include la corteccia cingolata anteriore dorsale (dACC), la corteccia prefrontale anteriore (aPFC) e l'insula anteriore/opercolo frontale (AI/fo); la rete fronto-parietale (F-P), coinvolta nella regolazione delle risposte in relazione ai cambiamenti nella stimolazione, e include il precuneo, il dlPFC e le regioni cerebrali SP/IP (modificato da [5]).

salianza degli eventi (per esempio, eventi infrequenti o non previsti che sono rilevanti). Molte prove hanno collegato la funzione delle reti di attenzione agli effetti modulatori di particolari neurotrasmettitori: norepinefrina per l'allerta, acetilcolina per l'orientamento e dopamina e serotonina per l'attenzione esecutiva [11].

Queste informazioni hanno notevolmente aiutato a capire le origini genetiche delle reti di attenzione studiando i geni che influenzano l'espressione e la funzione di quei particolari neuromodulatori e il loro impatto sulle differenze individuali di efficacia sia a livello comportamentale che di funzione cerebrale [12,13]. Vedere l'attenzione come un sistema di organi associato ai circuiti cerebrali coinvolti nell'allerta, nella selezione e nel controllo esecutivo fornisce gli elementi indispensabili anche per trattare e potenziare la debolezza/desincronizzazione di questi network.

## Lo sviluppo dell'attenzione

Dalla primissima infanzia i neonati rispondono a sollecitazioni attentive di tipo percettivo (rumori o colori). Anche la capacità di distogliere l'attenzione da un compito a seguito di una stimolazione per poi ritornarvi dopo poco tempo, è una competenza che si osserva di frequente già nei bambini di 6-9 mesi [14]. Il controllo endogeno dell'attenzione emerge progressivamente dai 4-6 mesi di età e mostra una progressiva maturazione negli anni successivi [15-18]. L'attenzione esterna emerge funzionalmente alla fine del primo anno di vita, quando i bambini iniziano a mostrare una parziale capacità di inibire stimoli distrattori e di spostare in modo flessibile l'attenzione [19,20]. Un recente studio di neuroimaging mostra che i bambini nel corso del primo anno di età mostrano già l'attivazione nelle regioni frontali e parietali [21]. Proprio verso l'anno di età i bambini manifestano anche segni comportamentali e cerebrali di rilevamento degli errori [22]. Da lì in avanti i processi esecutivi legati all'attenzione mostrano cambiamenti importanti nella fascia d'età prescolare, che si protraggono nel corso dello sviluppo e si estendono fino alla tarda adolescenza [23,24]. Tra i 7 e i 20 anni, le reti attentive subiscono ulteriori cambiamenti evolutivi [25]. Questo processo di sviluppo eterocrono e duraturo è parallelo alla traiettoria di sviluppo dei circuiti cerebrali che supportano l'attenzione. Molte ricerche sullo sviluppo dell'attenzione hanno dimostrato la rilevanza dei processi attentivi per altri domini cognitivi, come l'apprendimento e la memoria. Mantenere le informazioni in uno stato attivo e accessibile è particolarmente importante quando sono presenti altri stimoli potenzialmente interferenti. L'attenzione serve a stabilire quali informazioni devono essere mantenute e quali devono essere bloccate. Pertanto l'attenzione esecutiva e la memoria di lavoro sono processi altamente interdipendenti. Ci sono prove che dimostrano che il controllo dell'attenzione contribuisce in gran parte alla working memory (WM) e allo sviluppo della memoria a breve termine [26]. L'elaborazione delle informazioni, caratteristica dello stato attento consente processi esecutivi superiori come il ragionamento fluido. Alcuni ricercatori hanno dimostrato che i bambini con maggiore intelligenza fluida utilizzano il controllo proattivo per il monitoraggio del contesto in misura maggiore e mostrano una maggiore attivazione delle reti di attenzione sostenuta ed esecutiva [27]. L'attenzione è la piattaforma per i processi esecutivi che consentono azioni deliberate goal-directed e la funzione fondamentale del comportamento intelligente [28]. Lo sviluppo di queste abilità predice molti aspetti della vita, tra cui il successo accademico e l'adattamento socioemotivo nonché le differenze individuali in salute, ricchezza e socializzazione in età adulta [29,30].

Tabella 1. Disturbi associati alle reti attentive (modificato da [31]).

Reti attentive	Quadri patologici	Sintomi
ALLERTA	Invecchiamento	Disturbi del sonno
	ADHD	Disturbi del sonno, iperattività, difficoltà di concentrazione
ORIENTAMENTO	Autismo	Difficoltà nel disimpegno attentivo
	PTSD (disturbo da stress post-traumatico)	Reazione eccessiva o persistente verso situazioni, oggetti o pensieri che generano paura e ansia
	Neglect	Dirigere l'attenzione o il comportamento verso il lato opposto del corpo o dello spazio controlaterale alla lesione
ESECUTIVA	Disturbo d'ansia	Difficoltà nell'inibire stati di paura
	Depressione	Perseverazione di ideazioni negative
	Disturbo ossessivo compulsivo (OCD)	Pensieri, immagini o comportamenti ricorrenti/ossessivi
	Disturbo di personalità-borderline	Mancanza di controllo sui pensieri negativi
	Schizofrenia	Allucinazioni
Abusi di sostanze	Comportamento irrefrenabile-impulsivo e ossessivo	

### I disturbi dell'attenzione

Come già detto, le reti svolgono un ruolo forte nella regolazione del comportamento. Le difficoltà di attenzione sono spesso associate a lesioni cerebrali e a molte psicopatologie. La **Tabella 1** fornisce alcuni dettagli sull'importanza centrale dei network attentivi in ciascuna delle patologie. Ogni quadro clinico citato necessiterebbe di una trattazione a sé stante, cosa che è evidentemente al di là degli obiettivi di questo articolo. In questi quadri patologici non si pensi a una corrispondenza uno a uno tra network, disturbo e sintomo. Molti disturbi coinvolgono l'alterazione di più di una rete e inoltre nello sviluppo del disturbo le alterazioni delle reti si modificano. Per esempio il disturbo da deficit di attenzione/iperattività (ADHD) sembra comportare un'alterazione precoce dell'alerta e successivamente un deficit nell'attenzione esecutiva. Vi sono inoltre situazioni in cui le capacità attentive risultano deboli senza che vengano raggiunti livelli clinici ascrivibili all'interno di quadri patologici e tale fragilità può essere alla base di difficoltà scolastiche ed emotive [32,33]. Senza una comprensione dei substrati neurali dell'attenzione, gli sforzi sistematici per trattare questi quadri clinici possono rivelarsi difficili o addirittura impossibili. È quindi indispensabile che chi lavora con questi quadri patologici conosca i substrati neurali e il funzionamento dei network attentivi ed esecutivi per impostare le proposte di intervento su modelli neuropsicologici che tengano conto di questa complessità neurale e di funzionamento. ■

### Bibliografia

1. Posner MI, Di Girolamo GJ. Executive attention: Conflict, target detection, and cognitive control. In: Parasuraman R. The attentive brain. MIT Press, 1998.
2. Posner MI, Rothbart MK. Attention, self-regulation and consciousness. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Biological Sciences. 1998;353:1915-1927.
3. Posner MI. Attention networks and consciousness. Frontiers in Psychology. 2012;3: 1-4.
4. Sridharan D, Levitin DJ, Menon V. A critical role for the right fronto-insular cortex in switching between central-executive and default-mode networks. Proc Natl Acad Sci U S A. 2008 Aug 26;105(34):12569-12574.
5. Rueda MR, Moyano S, Rico-Picó J. Attention: The grounds of self-regulated cognition. Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci. 2023 Jan;14(1):e1582.
6. Corbetta M, Patel G, Shulman GL. The reorienting system of the human brain: from environment to theory of mind. Neuron. 2008 May 8;58(3):306-324.
7. Gratton C, Laumann TO, Gordon EM et al. Evidence for Two Independent Factors that Modify Brain Networks to Meet Task Goals. Cell Rep. 2016 Oct 25;17(5):1276-1288.
8. Baldauf D, Desimone R. Neural mechanisms of object-based attention. Science. 2014 Apr 25;344(6182):424-427.
9. Buschman TJ, Miller EK. Serial, covert shifts of attention during visual search are reflected by the frontal eye fields and correlated with population oscillations. Neuron. 2009 Aug 13;63(3):386-396.
10. Corbetta M, Shulman GL. Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. Nat Rev Neurosci. 2002 Mar;3(3):201-215.
11. Petersen SE, Posner MI. The attention system of the human brain: 20 years after. Annu Rev Neurosci. 2012;35:73-89.
12. Fan J, Fossella J, Sommer T et al. Mapping the genetic variation of executive attention onto brain activity. Proc Natl Acad Sci U S A. 2003 Jun 10;100(12):7406-7411.
13. Posner MI, Rueda MR, Kanske P. Probing the mechanisms of attention. In: Cacioppo JT, Tassinari JG, Berntson GG. Handbook of psychophysiology. Cambridge University Press, 2007c.
14. Colombo J. The development of visual attention in infancy. Annu Rev Psychol. 2001;52:337-367.
15. Johnson MH, Posner MI, Rothbart MK. Components of visual orienting in early infancy: Contingency learning, anticipatory looking, and disengaging. J Cogn Neurosci. 1991 Fall;3(4):335-344.
16. Clohessy AB., Posner MI, Rothbart MK. Development of the functional visual field. Acta Psychol (Amst). 2001 Jan;106(1-2):51-68.
17. Plude DJ, Enns JT, Brodeur D. The development of selective attention: a life-span overview. Acta Psychol (Amst). 1994 Aug;86(2-3):227-272.
18. Pozuelos JP, Paz-Alonso PM, Castillo A et al. Development of attention networks and their interactions in childhood. Dev Psychol. 2014 Oct;50(10):2405-2415.
19. Conejero A, Rueda MR. Infant temperament and family socio-economic status in relation to the emergence of attention regulation. Sci Rep. 2018 Jul 25;8(1):11232.
20. Holmboe K, Bonneville-Roussy A, Csibra G, Johnson MH. Longitudinal development of attention and inhibitory control during the first year of life. Dev Sci. 2018 Nov;21(6):e12690.
21. EllisC T, Skalaban LJ, Yates TS, Turk-Browne NB. Attention recruits frontal cortex in human infants. Proc Natl Acad Sci U S A. 2021 Mar 23;118(12):e2021474118.
22. Berger A, Tzur G, Posner MI. Infant brains detect arithmetic errors. Proc Natl Acad Sci U S A. 2006 Aug 15;103(33):12649-12653.
23. Davidson MC, Amso D, Anderson LC, Diamond A. Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. Neuropsychologia. 2006;44(11):2037-2078.
24. Pozuelos JP, Paz-Alonso PM, Castillo A et al. Development of attention networks and their interactions in childhood. Dev Psychol. 2014 Oct;50(10):2405-2415.
25. Uddin LQ, Supekar KS, Ryali S, Menon V. Dynamic reconfiguration of structural and functional connectivity across core neurocognitive brain networks with development. J Neurosci. 2011 Dec 14;31(50):18578-18589.
26. Shimi A, Nobre AC, Scerif G. ERP markers of target selection discriminate children with high vs. low working memory capacity. Front Syst Neurosci. 2015 Nov 5:9:153.
27. Rico-Pico J, Hoyo A, Guerra S et al. Behavioral and brain dynamics of executive control in relation to children's fluid intelligence. Intelligence. 2021;84:101513.
28. Rueda MR. Attention in the heart of intelligence. Trends in Neuroscience and Education 2018; 13:26-33.
29. Rueda MR, Posner MI, Rothbart MK. Attentional control and self-regulation. In: Vohs KD, Baumeister RF. Handbook of self-regulation: Research, theory and applications. The Guilford Press, 2011.
30. Moffitt TE, Arseneault L, Belsky D et al. A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. Proc Natl Acad Sci U S A. 2011 Feb 15;108(7):2693-2698.
31. Posner MI, Rothbart MK, Ghassemzadeh H. Restoring Attention Networks. Yale J Biol Med. 2019;92:139-43.
32. Rueda MR, Checa P, Rothbart MK. Contributions of attentional control to social emotional and academic development. Early Education and Development. 2010;21:744-764.
33. Stevens C, Bavelier D. The role of selective attention on academic foundations: a cognitive neuroscience perspective. Dev Cogn Neurosci. 2012 Feb 15;2 Suppl 1(Suppl 1):S30-48.