

Sezione 10

INTERNET ADDICTION



2.10.1 Dipendenza da Internet: una rassegna della letteratura sulle alterazioni funzionali e strutturali documentate dalle neuroimmagini

Diana Candio¹, Franco Alessandrini², Giada Zoccatelli², Giovanni Serpelloni³

¹ European Institute for Health Promotion, Verona

² Servizio di Neuroradiologia, Azienda Ospedaliera Universitaria Integrata di Verona

³ Dipartimento Politiche Antidroga, Presidenza del Consiglio dei Ministri

La dipendenza da Internet (IAD) è definita come l'incapacità di una persona di controllare l'utilizzo di questo strumento, con conseguenti disturbi nell'area psicologica, sociale e lavorativa (Young K., 1998). La IAD rappresenta un disturbo molto diffuso, che verrà inserito nella quinta versione del Manuale Diagnostico e Statistico dei Disturbi Mentali (DSM-5), uno dei sistemi nosografici per i disturbi mentali più utilizzato da medici, psichiatri e psicologi di tutto il mondo, sia in ambito clinico che nella ricerca.

Kimberly Young, psicologa americana di fama internazionale e pioniera nell'ambito della IAD, ha sviluppato per prima un trattamento basato sulle evidenze scientifiche per la dipendenza da Internet e nel 1995 ha fondato il Center for Internet Addiction¹. Secondo la sua classificazione esistono 5 tipi specifici di dipendenza da Internet: sesso virtuale, relazioni virtuali, videogiochi online, giochi al computer e sovraccarico cognitivo (Young K. et al., 2000).

La dipendenza da Internet risulta frequentemente associata ad altri disturbi psichiatrici, tra cui dipendenza da sostanze, depressione, problemi di rabbia e ansia sociale (Flisher C. 2010, Ko C. et al., 2012). Inoltre, sono stati individuati numerosi aspetti di questo disturbo comuni ad altre patologie note. Le persone con dipendenza da Internet, infatti, mostrano sintomi clinici come craving, astinenza, tolleranza, impulsività e compromissione delle capacità cognitive nel prendere decisioni rischiose (Sim T. et al. 2012, Sun D. et al. 2009, Block J. 2008; Shapira N. et al., 2000). Di seguito vengono presentati i risultati dei più recenti studi di neuroimaging sulla dipendenza da Internet.

Recenti studi di neuroimaging suggeriscono che il circuito cerebrale che media il desiderio indotto per i videogiochi online sia simile a quello elicitato da stimoli correlati ad alcol e droghe. L'ipotesi è che il desiderio di giocare a videogiochi online, indotto attraverso stimolazione, attivi aree cerebrali comuni a quelle coinvolte dal craving per sostanze stupefacenti e psicotrope (Ko C.-H. et al., 2011; Han D. et al., 2011; Du W. et al., 2011; Ko C.H. et al., 2009). Il craving, infatti, rappresenta un elemento cruciale nella dipendenza da sostanze e la comprensione del meccanismo neurale alla base del craving risulta fondamentale per il trattamento (Franken I., 2003).

Uno studio, condotto presso l'Università di Taiwan, ha esaminato i correlati cerebrali del craving in persone con dipendenza da videogiochi online attraverso un'indagine di fMRI (Ko C. et al., 2011). Il gruppo di pazienti esaminati – 15 persone con dipendenza da gioco online, 15 in fase di remissione e 15 soggetti di controllo – sono stati sottoposti alla visione di immagini neutre o legate al gioco, ed è stata esaminata la risposta di craving correlata

Introduzione

Dipendenza da Internet e da sostanze: coinvolgono le stesse aree cerebrali (studi di fMRI)

1 <http://www.netaddiction.com>



allo stimolo. I risultati hanno evidenziato un'attivazione di specifiche aree cerebrali (corteccia prefrontale dorsolaterale bilaterale DLPFC, cingolato posteriore e anteriore destro) nei pazienti affetti da dipendenza in risposta agli stimoli legati al gioco, reazione più forte di quella osservata nel gruppo di controllo. L'attivazione di queste aree coincide con il circuito cerebrale coinvolto nei meccanismi di dipendenza da sostanze. Inoltre, i soggetti con dipendenza da gioco online hanno mostrato una maggiore attivazione in aree cerebrali (DLPFC e paraippocampo) ritenute marcatori candidati per la dipendenza da gioco online (Ko C. et al., 2011).

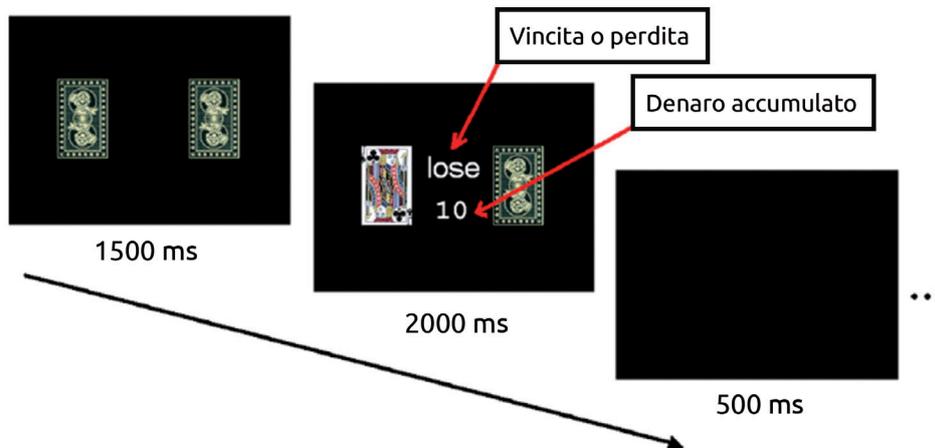
Un altro studio ha indagato il craving per videogiochi online indotto in un gruppo di giovani studenti universitari (18-22 anni). I volontari sono stati sottoposti ad un primo screening per escludere la dipendenza da Internet e altre patologie mediche e neurologiche. In seguito, hanno ricevuto istruzioni su un videogioco ("War Rock") online, un gioco in prima persona a cui si partecipa contemporaneamente ad altri giocatori, ed è stato chiesto loro di giocare 1 ora al giorno per 10 giorni. Al termine di tale periodo, è stata valutata l'attività cerebrale e il craving da gioco dei volontari attraverso fMRI durante una stimolazione visiva. Il craving riferito risultava correlato positivamente all'attivazione del giro frontale inferiore sinistro, del giro paraippocampale sinistro, del talamo destro e sinistro. Inoltre, i soggetti che giocavano con più frequenza ai videogiochi in Internet e avevano riferito il craving, mostravano un'attività cerebrale significativamente maggiore rispetto agli altri partecipanti nel lobo frontale mediale destro e nel giro paraippocampale destro. I risultati emersi suggeriscono che l'attivazione indotta rispetto ai videogiochi online sia simile a quella osservata in persone con dipendenza da sostanze o gioco d'azzardo patologico. In particolare, gli stimoli sembrano elicitar l'attività nella corteccia prefrontale dorsolaterale, nella corteccia orbitofrontale, nel giro paraippocampale e nel talamo (Han D. et al., 2011).

Alterazioni
del sistema di
gratificazione
(studi di fMRI)

Le persone affette da dipendenza da Internet, in modo analogo ad altre forme di dipendenza, sarebbero caratterizzate da un deficit del sistema dopaminergico a capo dei meccanismi di ricompensa e punizione. Dong e colleghi hanno esaminato, attraverso un'indagine di fMRI, le reazioni di soggetti con IAD durante l'esecuzione di compiti in cui sperimentavano personalmente una vincita/perdita in denaro. Il campione esaminato era composto di maschi con un'età media di 23 anni, 14 con IAD e 13 di controllo. Nel compito, i partecipanti potevano scegliere tra due mazzi di carte attraverso un pulsante; dopo poco la carta scelta veniva visualizzata: le carte rosse erano vincenti, quelle nere perdenti. All'inizio della sessione ogni giocatore riceveva 50 dollari, e la vincita/perdita per ogni giocata era di 10 dollari.

Durante la sessione veniva costantemente visualizzata la somma di denaro accumulata, e il saldo in contanti sarebbe stato consegnato solo alla fine. La procedura permetteva ai ricercatori di controllare completamente la sequenza di vittorie e sconfitte, dando ai partecipanti l'impressione di poter scegliere.

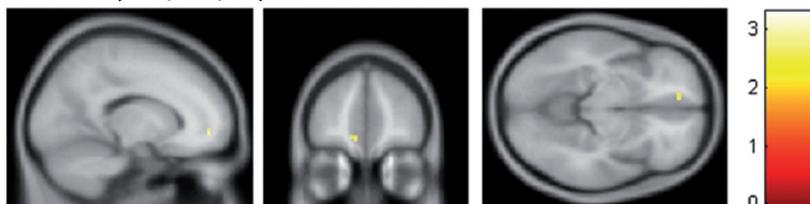
Figura 1 - Compito di vincita/perdita di denaro, indovinando il colore delle carte (rosso vincente, nero perdente) e tempi di visualizzazione. Fonte: Dong G. et al. 2011.



Nella condizione di vincita, i soggetti con IAD si distinguevano per una maggiore attivazione della corteccia orbito frontale rispetto al gruppo di controllo. Nella condizione di perdita, al contrario, nei soggetti dipendenti si registrava una ridotta attività nella corteccia cingolata anteriore.

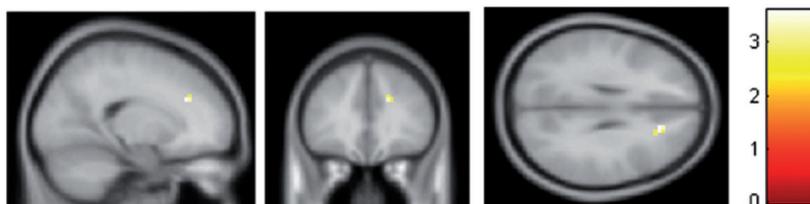
Figura 2 - Attivazione cerebrale in condizioni di vincita e perdita in soggetti con dipendenza da Internet. Fonte: Dong G. et al. 2011.

Vincita (-15, 48, -9)



Vincita e iperattivazione della corteccia orbito frontale

Perdita (21, 30, 27)



Perdita e riduzione dell'attività nella corteccia cingolata anteriore

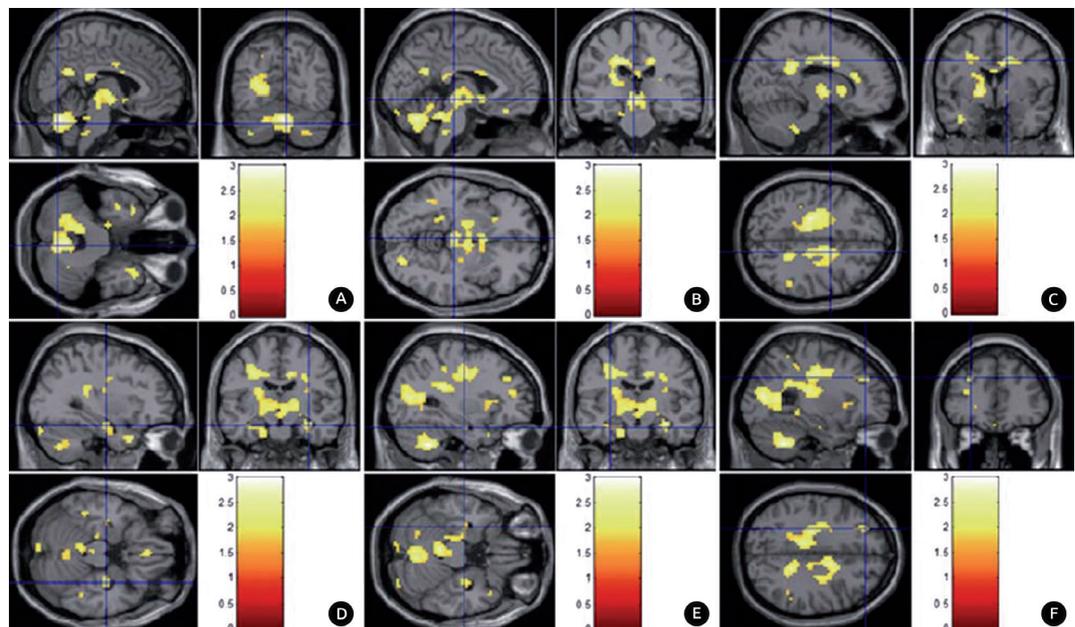
È ampiamente riconosciuto il ruolo della corteccia orbito-frontale nei processi cognitivi e nel creare un'associazione tra comportamento e ricompensa. L'iper attivazione nei soggetti con dipendenza da Internet può essere spiegata da una maggiore sensibilità di questi alla gratificazione, derivante dalla sensazione di controllo e di realizzazione immediata. La ridotta attività nella corteccia cingolata anteriore, invece, è coinvolta nella mediazione delle risposte emotive al dolore. La ridotta attività riscontrata in questa area cerebrale nei sog-

getti con IAD, può suggerire una minore sensibilità rispetto alle emozioni negative (perdita monetaria, Dong G. et al., 2011).

In questo studio di risonanza magnetica funzionale in stato di riposo, è stato utilizzato il metodo di "omogeneità regionale" (ReHo) per analizzare i livelli di ossigeno nel sangue dipendenti dal segnale cerebrale (BOLD). Attraverso il metodo ReHo è possibile misurare l'omogeneità temporale del segnale BOLD nelle aree cerebrali esaminate, rilevandone l'attività. Questo metodo è già stato utilizzato con successo per lo studio di patologie come depressione, schizofrenia, disturbo da deficit di attenzione e iperattività, Parkinson e Alzheimer (Liu J. et al., 2010).

L'indagine ha coinvolto un campione di 19 studenti universitari con dipendenza da Internet e 19 studenti di controllo. Nessun partecipante assumeva sostanze psicoattive e psicotrope in grado di alterare l'attività cerebrale, nessuno soffriva di schizofrenia o depressione. Dall'analisi dei dati è emerso che gli studenti universitari affetti da IAD mostravano un aumento del ReHo in corrispondenza di specifiche aree cerebrali, quali cervelletto, tronco encefalico, giro cingolato destro, paraippocampo bilaterale, lobo frontale destro, giro frontale superiore sinistro, precuneo sinistro, giro postcentrale destro, giro occipitale destro, giro temporale inferiore destro, giro temporale superiore sinistro e giro temporale medio. L'aumento di ReHo era indicativo di un incremento dell'attività nervosa (Liu J. et al., 2010).

Figura 3 - Anomalie di omogeneità regionale riscontrate in differenti aree cerebrali in soggetti con IAD. A: cervelletto. B: tronco encefalico. C: giro cingolato destro. D: paraippocampo destro. E: paraippocampo sinistro. F: giro frontale superiore sinistro. La croce blu rappresenta l'attività cerebrale. Fonte: Liu J. et al. 2010.



La dipendenza da Internet avrebbe indotto un cambiamento funzionale a livello cerebrale corrispondente alle anomalie di omogeneità regionale riscontrate nel gruppo di studenti IAD, e ad un rafforzamento della sincronizzazione tra regioni encefaliche che sarebbe correlato al sistema di gratificazione.

Un gruppo di ricercatori guidato dal prof. Hyun Soo Park ha esaminato le differenze nel metabolismo cerebrale del glucosio in un campione di giovani in stato di riposo, mediante tomografia a emissione di positroni (PET) con il radio farmaco [^{18}F]Fluorodeossiglucosio (Park H. et al., 2010). Il campione, di soli maschi e con un'età media di 24 anni, era costituito da 11 volontari con dipendenza da videogiochi online e un gruppo di controllo di 9 persone. Dopo la scansione, i partecipanti sono stati inoltre sottoposti ad una valutazione dei livelli di impulsività (Barratt Impulsiveness Scale Version 11). I risultati della PET hanno mostrato un aumento del metabolismo cerebrale del glucosio nei giovani affetti da IAD, in particolare nella corteccia orbito frontale destra, nel nucleo caudato sinistro e nell'insula destra. Secondo gli autori, l'alterazione del metabolismo osservata nella corteccia orbito frontale dei soggetti con IAD potrebbe essere indicativa di uno stato di iperattività mentale anche in condizioni di riposo, a cui sarebbe associato un maggiore sforzo di controllo inibitorio. Al contrario, si è osservata una riduzione del metabolismo nel giro postcentrale bilaterale, nel giro precentrale sinistro e nelle regioni occipitali bilaterali rispetto al gruppo di controllo. I giovani affetti da IAD, inoltre, mostravano una maggiore impulsività rispetto al gruppo di controllo ed è emersa una correlazione positiva tra la gravità della IAD e il grado di impulsività. Secondo gli autori, tali risultati dimostrerebbero che la IAD provocherebbe alterazioni metaboliche in aree cerebrali implicate nel controllo degli impulsi, nel sistema di gratificazione, nella rappresentazione di esperienze passate. L'alterazione metabolica osservata nella corteccia prefrontale ventromediale e nello striato sarebbe associata ad anomalie nella trasmissione dopaminergica di soggetti con IAD, simile a quella osservata nella dipendenza da sostanze stupefacenti. Pertanto, gli autori ritengono che la dipendenza da videogiochi debba essere considerata come un disturbo del controllo degli impulsi, che condivide con la dipendenza da sostanze i medesimi meccanismi psicologici e neuronali (Park H. et al., 2010).

Successivamente, lo stesso gruppo di ricerca ha esaminato le alterazioni neurobiologiche del sistema dopaminergico in persone affette da IAD (Kim S. et al. 2011). L'ipotesi era che persone affette da IAD avessero una ridotta disponibilità di recettori dopaminergici nelle aree cerebrali dello striato. Per verificare tali ipotesi è stata misurata la disponibilità del recettore D2 della dopamina in persone con o senza dipendenza da Internet, utilizzando la PET e il ligando radiomarcato [^{11}C]raclopride in condizione di riposo. La disponibilità di recettori D2 della dopamina è stata valutata in specifiche regioni striatali di interesse: nello striato ventrale, nel caudato dorsale e nel putamen dorsale. Il campione di volontari (età media 23 anni) era composto esclusivamente da maschi, 5 con IAD e 7 di controllo. La dipendenza da Internet era stata diagnosticata attraverso il Young's Internet Addiction Test (YIAT).

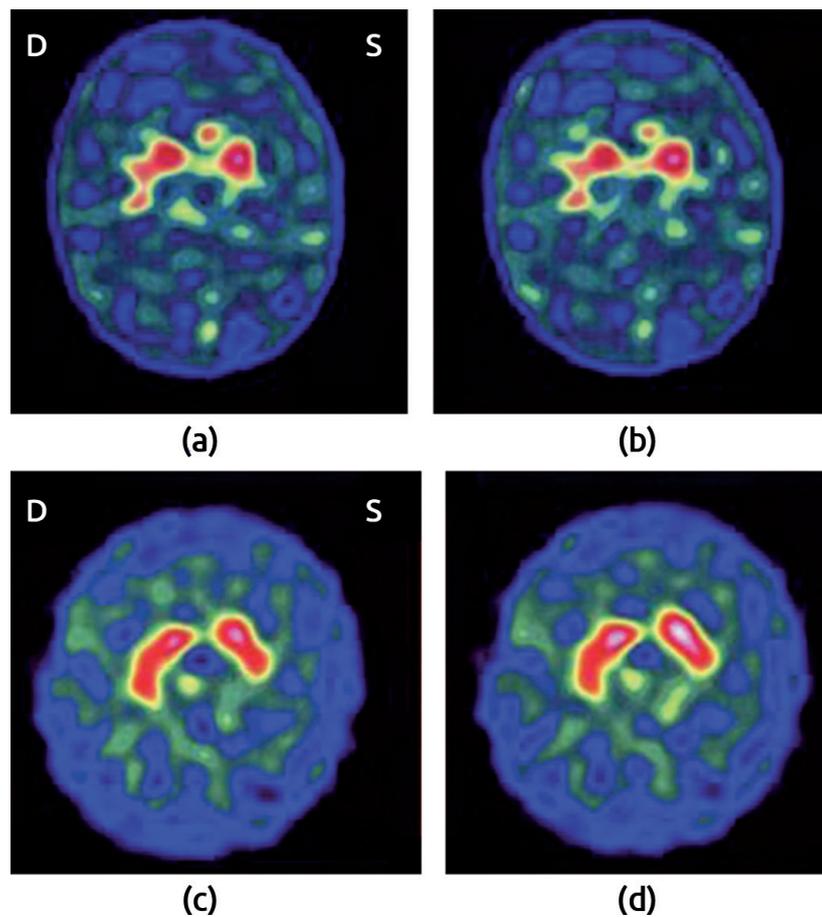
I soggetti con IAD avevano una ridotta disponibilità di recettori dopaminergici D2 nel corpo striato, nello specifico nel caudato dorsale e nel putamen destro. Il grado di disponibilità del recettore della dopamina era inversamente correlato alla gravità della dipendenza da Internet. Secondo gli autori, le disfunzioni del sistema dopaminergico causate dalla dipendenza da Internet sono coerenti con i ridotti livelli dei recettori D2 della dopamina riscontrati in altre tipologie di dipendenza (Kim S. et al., 2011). Inoltre, recenti studi di neuroimaging hanno dimostrato come le attività legate ad Internet, come i giochi online, stimolano le aree cerebrali dopaminergiche, incluso lo striato e le regioni prefrontali (Han D. et al., 2011; Ko C. et al., 2009). In conclusione, la dipendenza da Internet sarebbe associata ad alterazioni dei meccanismi neurobiologici della corteccia orbitofrontale, dello striato e delle regioni sensoriali del cervello, aree coinvolte nel controllo degli impulsi e nell'elaborazione della ricompensa. I risultati di questi studi supportano l'ipotesi che la dipendenza

da Internet condivida meccanismi psicologici e neurali alla base di altre patologie, come la dipendenza da sostanze (Potenza M., 2006).

Anomalie
del sistema
dopaminergico
(studio di SPECT)

Un recente studio condotto da un team di ricercatori cinesi si è proposto di verificare se le anomalie a scapito del sistema dopaminergico, riscontrate in persone con tossicodipendenza, fossero presenti anche in persone affette da IAD (Hou H. et al., 2012). Al fine di individuare eventuali anomalie nei livelli del trasportatore striatale della dopamina (DAT), è stata utilizzata la tomografia computerizzata a emissione di fotoni singoli (SPECT) con il radio tracciante ^{99m}Tc -TRODAT-1. Il campione esaminato era composto di 5 persone affette da dipendenza da Internet (età media 20 anni), e 9 soggetti di controllo. I pazienti affetti da IAD utilizzavano Internet ogni giorno, trascorrendovi una media di 10 ore. Nessun partecipante aveva mai utilizzato sostanze illecite o soffriva di disturbi psichiatrici e neurologici. Dall'analisi dei risultati della SPECT è emersa una alterazione dei livelli di espressione del trasportatore striatale della dopamina nei soggetti affetti da IAD rispetto al gruppo di controllo.

Figura 4 - Confronto tra immagini di SPECT di un soggetto con dipendenza da Internet (a) e un soggetto di controllo (b), entrambi ventenni. L'emisfero cerebrale sinistro è raffigurato nella parte destra dell'immagine. Il soggetto con IAD mostra una significativa riduzione del DAT nello striato; il corpo striato bilaterale è più piccolo e più irregolare rispetto a quello del gruppo di controllo. Fonte: Hou H. et al., 2012.



Alterazione della
materia grigia
(studio di VBM)

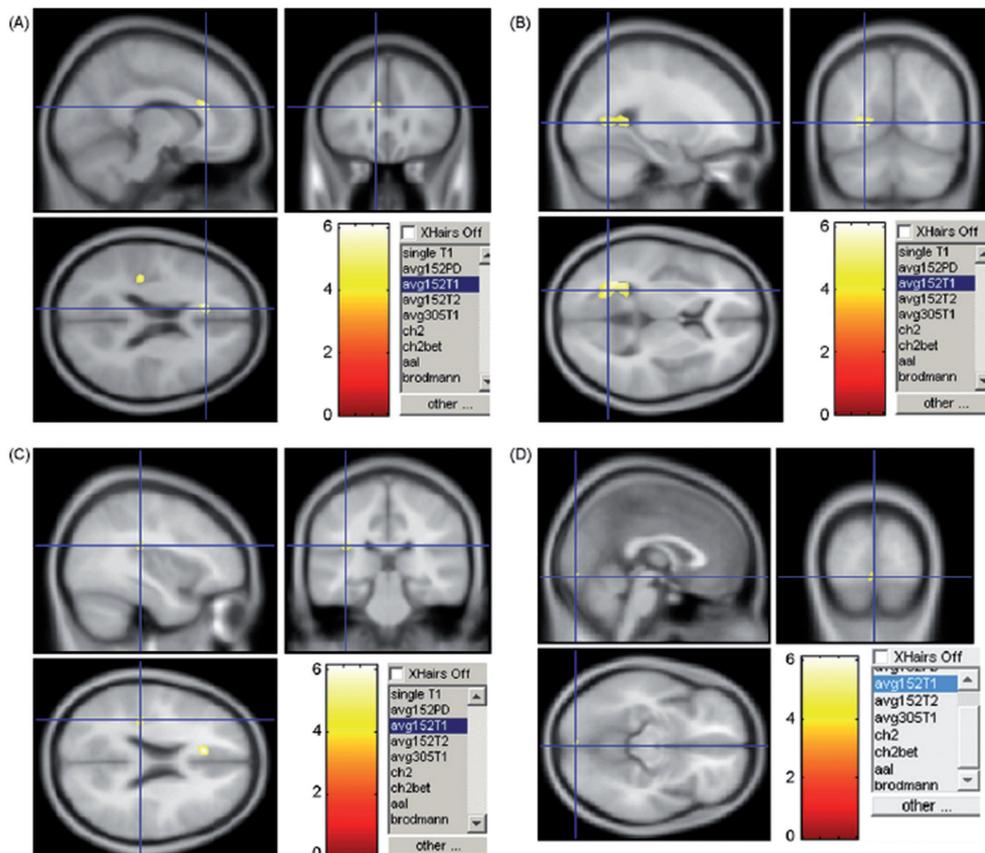
Nello specifico, nei soggetti con IAD il livello di espressione del DAT nello striato era significativamente minore rispetto al gruppo di controllo. Rispetto a quest'ultimo, sono emersi valori significativamente più bassi relativi al volume e al peso del corpo striato, e al rappor-

to tra corpo striato e cervello, suggerendo una disfunzione di questa area cerebrale. Il DAT, infatti, gioca un ruolo critico nella regolazione dei livelli di dopamina nelle terminazioni pre-sinaptiche. Un ridotto livello di DAT può riflettere una perdita pronunciata di terminali della dopamina nello striato o una compromissione della funzione dopaminergica, riscontrata anche nella dipendenza da sostanze.

I risultati di questo studio forniscono dunque evidenze scientifiche che provano come la dipendenza da Internet possa indurre una riduzione significativa dei livelli di DAT nel cervello, e che la IAD sia associata a disfunzioni nel sistema dopaminergico (Hou H. et al., 2012). Inoltre, tali risultati supportano la tesi secondo cui la IAD condivide anomalie neurobiologiche comuni anche ad altri disturbi da dipendenza (Potenza M., 2006).

La dipendenza da Internet potrebbe causare anche anomalie a scapito della materia grigia cerebrale. Uno studio condotto da Zhou e colleghi ha cercato di verificare i possibili cambiamenti nella densità della materia grigia attraverso un'indagine di morfometria basata su voxel (VBM) su immagini di risonanza magnetica strutturale ad alta risoluzione. L'analisi è stata condotta su giovani diciassettenni distinti in due gruppi, il primo composto di 18 soggetti affetti da IAD, il secondo di 15 soggetti sani. Le scansioni di risonanza magnetica strutturale ad alta risoluzione sono state analizzate utilizzando la VBM per confrontare la densità della materia grigia nei due gruppi. Dal confronto è emerso che gli adolescenti affetti da dipendenza da Internet mostravano una minore densità della materia grigia nel lato sinistro della corteccia cingolata anteriore, della corteccia cingolata posteriore, dell'insula e del giro linguale, rispetto ai coetanei del gruppo di controllo.

Figura 5 - Riduzione della materia grigia osservata nella corteccia cingolata anteriore sinistra (A), nella corteccia cingolata posteriore sinistra (B), nell'insula sinistra (C), nel giro linguale (D), in adolescenti con IAD. Fonte: Zhou Y. et al., 2011.





Le regioni cerebrali dove è stata individuata una riduzione della materia grigia sono state concettualmente collegate alle aree cerebrali responsabili di modulare il comportamento emotivo. Sebbene non si conosca l'esatto cambiamento istologico, alcuni studi hanno suggerito i correlati istopatologici di queste riduzioni di volume di materia grigia, che includono la perdita di contatti sinaptici, un aumento della densità neuronale, e una riduzione nelle cellule gliali e nei marcatori gliali. Gli autori ipotizzano quindi che la variazione volumetrica osservata nella corteccia cingolata anteriore sinistra, nella corteccia cingolata posteriore sinistra e nell'insula dovrebbe influenzare il funzionamento di queste aree, spiegando le caratteristiche cliniche psicologiche degli adolescenti con IAD e i loro disturbi comportamentali ed emotivi.

Anomalia
microstrutturale
della materia
bianca e atrofia
della materia grigia
(studio di VBM e
DTI)

Oltre a modifiche della materia grigia, si ritiene che la dipendenza da Internet possa alterare l'integrità microstrutturale delle principali vie neurali, in relazione alla durata della dipendenza. Inoltre, una dipendenza a lungo termine provocherebbe anomalie cerebrali strutturali che sarebbero associate a disturbi funzionali nel controllo cognitivo in soggetti con IAD (Young K. 1998, Ko C. et al., 2012).

Per verificare tale ipotesi, un recente studio condotto da Yuan e colleghi ha esaminato la morfologia cerebrale di un campione di adolescenti utilizzando tecniche di morfometria ottimizzata basata su voxel (VBM, Yuan K. et al., 2011b). Inoltre, è stata impiegata un'indagine di imaging con tensore di diffusione (DTI) per analizzare le modifiche dell'anisotropia della materia bianca. In seguito, tali misure cerebrali strutturali sono state messe in relazione con la durata della IAD. Per studiare le interazioni tra cambiamenti della materia grigia e alterazioni della materia bianca, è stata effettuata una analisi di correlazione tra anomalie dei volumi di materia grigia e valori dell'anisotropia frazionaria (FA) della materia bianca nel gruppo con IAD. Gli studenti (età media 19 anni), distinti in un gruppo con IAD e in uno di controllo, prima dell'indagine sono stati sottoposti ad un test di screening su urina per escludere l'uso di droghe.

Riduzione della
materia grigia in
differenti regioni
cerebrali

Dal confronto della VBM di soggetti con IAD e soggetti di controllo è emersa una diminuzione del volume di materia grigia in differenti aree cerebrali, quali corteccia prefrontale dorso laterale bilaterale (DLPFC), area motoria supplementare (SMA), corteccia orbito frontale (OFC), cervelletto e rostro sinistro della corteccia cingolata anteriore (rACC), dopo aver escluso possibili variabili confondenti come età, sesso e volume complessivo intracranico. I volumi di materia grigia nella DLPFC destra, nel rACC sinistro e nella SMA destra risultavano correlati negativamente alla durata della dipendenza da Internet. Secondo gli autori, questi risultati dimostrano che l'atrofia cerebrale osservata in tali regioni risulta tanto più grave quanto maggiore è la persistenza della dipendenza da Internet, compromettendo la capacità di controllo cognitivo.

Esaminando i valori di FA della materia bianca in ciascun partecipante, è emerso che i soggetti con IAD riportavano valori minori in corrispondenza del giro paraippocampale destro. Recenti studi hanno dimostrato come questa area cerebrale sia coinvolta nel funzionamento della memoria di lavoro. Secondo gli autori, bassi valori di FA riscontrati nel giro paraippocampale destro dimostrerebbero come le anomalie della materia bianca sarebbero alla base dei deficit di memoria di lavoro nei soggetti con IAD. Al contrario, i valori di FA aumentavano in corrispondenza della capsula interna del limbo posteriore sinistro, che è collegata alla corteccia motoria primaria. Una possibile spiegazione è data dal fatto che i soggetti con IAD trascorrono molto tempo a giocare con i videogiochi e questo "allenamento" degli arti superiori ha modificato la struttura della materia bianca nella capsula interna, raffor-

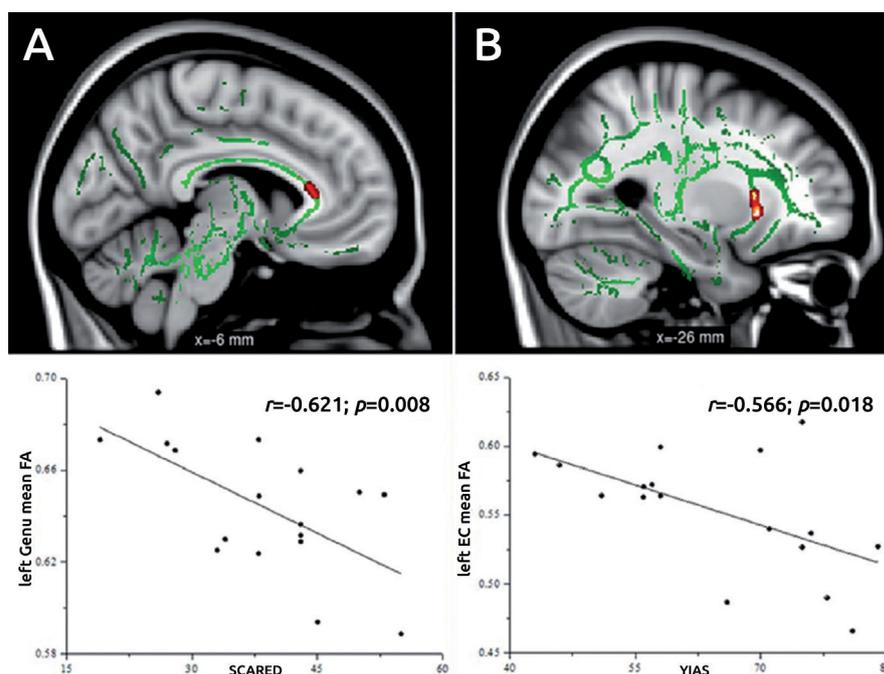
zando la FA. Le anomalie della capsula interna possono quindi interferire con le funzioni cognitive, compromettendo le funzioni esecutive e di memoria. Infine, non è stata riscontrata alcuna correlazione significativa tra anomalie della materia grigia e della materia bianca. In conclusione, secondo i ricercatori l'atrofia della materia grigia e i cambiamenti della FA nella materia bianca rappresenterebbero una compromissione funzionale della capacità di controllo cognitivo in persone con dipendenza da Internet (Yuan K. et al., 2011b).

Un altro studio di imaging ha esaminato le anomalie a scapito dell'integrità della materia bianca provocate dalla dipendenza da Internet. In questo studio, Lin e colleghi hanno eseguito un'indagine DTI per evidenziare eventuali alterazioni strutturali della materia bianca in adolescenti con IAD confrontati con un gruppo di controllo (Lin F. et al., 2012). È stata inoltre esaminata la relazione tra condizioni strutturali della materia bianca e valori neurofisiologici dei soggetti con IAD. Sono stati coinvolti 17 adolescenti a cui era stata diagnosticata una dipendenza da Internet e 16 adolescenti sani; l'età dei partecipanti era compresa tra i 14-24 anni.

Al fine di localizzare eventuali anomalie della materia bianca è stata condotta un'analisi voxel-wise della anisotropia frazionaria (FA) nell'intero cervello, impiegando la metodica TBSS (tract-based spatial statistics). Inoltre, al fine di esplorare i meccanismi microstrutturali dei cambiamenti osservati nei valori di FA, è stata impiegata un'analisi VOI (volume-of-interest) per studiare le modifiche degli indici di diffusività nelle regioni che presentavano tali anomalie. Tutti i partecipanti, inoltre, sono stati sottoposti a sei differenti questionari per definire i tratti comportamentali (Young's Internet Addiction Scale (YIAS), Time Management Disposition Scale (TMDS), Strengths and Difficulties Questionnaire (SDQ), Barratt Impulsiveness Scale-11 (BIS), the Screen for Child Anxiety Related Emotional Disorders (SCARED), Family Assessment Device (FAD)).

Alterazioni strutturali della materia bianca

Figura 6 - Analisi di correlazione tra anisotropia frazionaria (FA) e misure comportamentali in adolescenti con IAD. Per facilitare la visualizzazione, le regioni che mostrano correlazioni significative (in rosso) sono state ispessite. (A) I valori FA nel ginocchio sinistro del corpo calloso correlano negativamente con il test SCARED ($r = -0,621$, $p = 0,008$). (B) I valori FA nella capsula esterna sinistra correlano negativamente con la scala di Young sulla dipendenza da Internet (YIAS) ($r = -0,566$, $p = 0,018$). Fonte: Lin F. et al., 2012.



Dall'analisi è emerso che gli adolescenti con IAD avevano una FA significativamente inferiore rispetto al gruppo di controllo, in particolare nella regione orbito frontale bilaterale, nel corpo calloso, nel cingolo anteriore bilaterale, nel fascicolo fronto-occipitale inferiore, nella corona radiata e nelle capsule interne ed esterne. Non sono state riscontrate regioni cerebrali con valori di FA più bassi nel gruppo di controllo rispetto al gruppo con IAD. Questi risultati, secondo i ricercatori, forniscono evidenze scientifiche del danneggiamento dell'integrità della materia bianca. L'analisi VOI ha mostrato che la riduzione di FA osservata nei soggetti con IAD è principalmente il risultato di un aumento della diffusività radiale, indice quantitativo di integrità micro strutturale. Inoltre, i risultati dell'analisi di correlazione hanno evidenziato che i valori di FA nel ginocchio sinistro del corpo calloso erano negativamente correlati al test SCARED sui disturbi emotivi correlati all'ansia. Infine, i valori di FA nella capsula esterna sinistra erano negativamente correlati al test YIAS che misurava il grado di dipendenza da Internet (Figura 6).

In conclusione, secondo i ricercatori questi risultati suggeriscono che l'integrità della materia bianca possa rappresentare un nuovo potenziale target per il trattamento della dipendenza da Internet. La FA dovrebbe invece essere utilizzata come biomarker in grado di spiegare i meccanismi neurali alla base delle lesioni della materia bianca o per valutare l'efficacia di specifici interventi precoci in persone affette da IAD (Lin F. et al., 2012).

Conclusioni

Gli studi di neuroimaging hanno contribuito significativamente alla identificazione delle aree cerebrali che vengono coinvolte e alterate dalla dipendenza da Internet, permettendo una maggiore comprensione degli effetti sul cervello di questa patologia. Considerando i risultati degli studi esaminati in questo capitolo, emerge come la dipendenza da Internet comporti cambiamenti strutturali e funzionali a scapito di regioni cerebrali coinvolte nei processi emotivi, decisionali, di attenzione esecutiva e di controllo cognitivo. Inoltre, i ricercatori suggeriscono che la IAD condivide meccanismi neurobiologici comuni ad altre forme di dipendenza. Infatti, grazie agli studi di neuroimaging è stato possibile individuare in persone affette da IAD anomalie strutturali e funzionali simili a quelle identificate nella dipendenza da sostanze e nella dipendenza comportamentale (Yuan K. et al., 2011a). Questi metodi non invasivi svolgono un ruolo importante nella comprensione dei meccanismi neurobiologici alla base della IAD, fornendo indicazioni utili ai fini del trattamento della dipendenza da Internet.

Bibliografia

1. Young K. (1998) Internet addiction: The emergence of a new clinical disorder. *Cyberpsychol Behav*, 1:237-244.
2. Young K., The Center for Internet Addiction, <http://www.netaddiction.com> (16 maggio 2012).
3. Young K., Pistner M., O'Mara J., Buchanan J. (2000), Cyber-Disorders: The Mental Health Concern for the New Millennium, *CyberPsychology & Behavior*, 3(5), 475-479.
4. Flisher C. (2010) Getting plugged in: An overview of Internet addiction. *J Paediatr Child Health*, 46:557-9.
5. Yuan K., Qin W., Liu Y., Tian J. (2011a), Internet addiction Neuroimaging findings, *Communicative & Integrative Biology* 4:6, 637-639.
6. Ko C-H, Yen J-Y, Yen C-F et al. (2012), The association between Internet addiction and psychiatric disorder: A review of the literature, *European Psychiatry* 27(1):1-8.
7. Sim T., Gentile D.A., Bricolo F. et al. (2012) A conceptual review of research on the pathological use of computers, video games, and the Internet, *Int J Ment Health Addiction*, DOI: 10.1007/s11469-011-9369-7.
8. Sun DL, Chen ZJ, Ma N et al. (2009), Decision-making and prepotent response inhibition functions in excessive internet users, *CNS spectrums*, 14(2):75–81.
9. Block JJ (2008), Issues for DSM-V: internet addiction, *American Journal of Psychiatry*, 165(3):306–307.
10. Shapira NA, Goldsmith TD, Keck PE, U. M. et al. (2000), Psychiatric features of individuals with problematic internet use, *Journal of Affective Disorders*, 57(1):267–272. Ko C-H, Liu G-C, Yen J-Y et al. (2011), Brain correlates of craving for online gaming under cue exposure in subjects with Internet gaming addiction and in remitted subjects, *Addiction Biology*.
11. Ko C.H., Liu G.C., Hsiao S. et al. (2009), Brain activities associated with gaming urge of online gaming addiction, *J Psychiatr Res*, 43(7):739-747.
12. Han DH, Bolo N, Daniels MA et al. (2011), Brain activity and desire for Internet video game play, *Comprehensive Psychiatry*, 52:88–95.
13. Franken IHA (2003), Drug craving and addiction: integrating psychological and neuropsychopharmacological approaches. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*, 27:563-579.
14. Dong G, Huang J, Du X (2011), Enhanced reward sensitivity and decreased loss sensitivity in Internet addicts: An fMRI study during a guessing task, *J Psychiatr Res*, 45:1525-1529.
15. Liu J, Gao XP, Osunde I et al. (2010), Increased regional homogeneity in internet addiction disorder: a resting state functional magnetic resonance imaging study, *Chin Med J* 123(14):1904-1908.
16. DU W, Liu J, Gao X et al. (2011), Functional magnetic resonance imaging of brain of college students with internet addiction, *Zhong Nan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban*. 2011 Aug;36(8):744-9.
17. Park H.S., Kim S.H., Bang S.A. et al. (2010) Altered Regional Cerebral Glucose Metabolism in Internet Game Overusers: A 18F-fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography Study, *CNS Spectr*, 15(3):159-166.
18. Kim S.H., Baik S.H., Park C.S. et al. (2011), Reduced striatal dopamine D2 receptors in people with Internet addiction, *Neuroreport* 22(8):407–411.
19. Potenza M.N. (2006) Should addictive disorders include non-substance related conditions? *Addiction*, 101:142–151.
20. Hou H, Jia S, Hu S et al. (2012), Reduced Striatal Dopamine Transporters in People with Internet Addiction Disorder, *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, vol. 2012, Article ID 854524, 5 pages.
21. Zhou Y, Lin F-C, Du Y-S et al. (2011), Gray matter abnormalities in Internet addiction: A voxel-based morphometry study, *European Journal of Radiology* 79:92–95.
22. Yuan K, Qin W, Wang G, Zeng F, Zhao L, et al. (2011b) Microstructure Abnormalities in Adolescents with Internet Addiction Disorder. *PLoS ONE* 6(6): e20708.
23. Lin F, Zhou Y, Du Y et al. (2012), Abnormal White Matter Integrity in Adolescents with Internet Addiction Disorder: A Tract-Based Spatial Statistics Study, *PLoS ONE* 7(1): e30253.

