

## **Cervello e decisioni**

In questo capitolo presenteremo degli studi sulle basi neuronali delle decisioni in contesti individuali e sociali. Tratteremo le basi neuronali delle scelte in situazioni di rischio ed incertezza, l'avversione al rischio, l'effetto *framing*, l'impatto delle emozioni (come il rimpianto) sulle scelte individuali. Nell'ambito delle scelte sociali verranno presentati studi sui fenomeni di cooperazione e reciprocità. In particolare presenteremo le basi neuronali di alcuni processi interattivi basati sulla fiducia, la reputazione ed il rispetto di norme sociali.

### **1 Introduzione**

Neuroscienziati, psicologi ed economisti hanno recentemente iniziato a studiare congiuntamente come le emozioni e le strategie regolano il comportamento individuale e sociale degli esseri umani. L'economia sperimentale e la psicologia hanno messo in evidenza i limiti della teoria della razionalità. Un approccio alternativo è basato su preferenze sociali e modelli che integrano il ruolo delle emozioni nel comportamento umano. Per esempio, si può spiegare l'evidenza di fenomeni di reciprocità e fiducia tenendo in considerazione il ruolo di emozioni, come il senso di colpa e la vergogna. Tali fenomeni violano le predizioni di modelli di razionalità pura e di comportamenti esclusivamente basati sull'egoismo e sull'interesse individuale nei processi decisionali. In questo capitolo del libro intendiamo presentare tali meccanismi in una prospettiva economica, psicologica e neurobiologica, nell'ambito di quella disciplina che oggi viene comunemente chiamata neuroeconomia [Glimcher e Rustichini, 2004].

Il progetto di ricerca della neuroeconomia combina economia, neuropsicologia, neurofisiologia e neuro-immagine per indagare meccanismi neuronali della decisione, con una particolare attenzione al ragionamento strategico e ad emozioni connesse alla ricompensa, all'interesse individuale e al senso di giustizia sociale. L'obiettivo è di rispondere alle seguenti domande: (1) come gli individui elaborano informazioni

significative dal punto di vista motivazionale in contesti sociali (punizioni-riconoscimento sociale) o in contesti puramente individuali (perdite e guadagni finanziari)? (2) Quali regioni cerebrali reagiscono alla perdita materiale piuttosto che all'esclusione sociale, o al ricevere piuttosto che all'infliggere punizione? (3) Quando gli individui sono sottoposti alla scelta tra cooperare o competere, che cosa li induce ad optare per l'una o l'altra attitudine? E quali sono i correlati neuronali delle emozioni che accompagnano tali scelte strategiche?

La novità più importante della neuroeconomia consiste nell'approccio interdisciplinare, nel tentativo di risolvere questi interrogativi, adottando come principio unificante il background concettuale della teoria delle decisioni e la teoria dei giochi.

In questo capitolo tratteremo le basi neuronali delle scelte in situazioni di rischio ed incertezza, l'avversione al rischio, l'effetto *framing*, l'impatto delle emozioni quali il rimpianto sulle scelte individuali.

Nell'ambito delle scelte sociali verranno presentati studi sui fenomeni di cooperazione e reciprocità, meccanismi che potenzialmente possono indurre e rinforzare i comportamenti pro-sociali. Tali processi sono basati su strumenti sia positivi (la ricompensa per comportamenti pro-sociali) sia negativi (la punizione per violazioni di norme sociali).

La punizione di "free riders" (individui opportunisti) e il premio di comportamenti pro-sociali sono considerate forme efficaci per mantenere le norme sociali: la paura di essere puniti funziona da deterrente per comportamenti egoistici e il premio è un incentivo per la cooperazione. La punizione e la ricompensa implicano dei costi, e sono strettamente legate al grado in cui le norme sono interiorizzate. Nei contesti

sociali, la violazione delle norme influenza i membri di un gruppo in termini di stato sociale, reputazione ed esclusione.

## **2 Le basi neurali delle scelte individuali**

Le relazioni tra decisione e processi emozionali probabilmente implica l'attivazione di differenti strutture cerebrali, includendo aree associate a meccanismi esecutivi ed emozionali. Confronteremo i risultati di pazienti con lesioni selettive in differenti parti della corteccia prefrontale (con particolare attenzione alla corteccia orbitofrontale) e nelle aree limbiche con quelli di soggetti non affetti da alcuna patologia. In secondo luogo, l'uso della risonanza magnetica funzionale ci darà l'opportunità di individuare i circuiti cerebrali implicati in specifici contesti individuali, come scelte in situazioni di rischio o di incertezza. In pratica queste metodologie di ricerca sono estremamente interrelate e reciproci confronti sono effettuati tra i dati provenienti dagli studi sui pazienti e i risultati degli esperimenti di neuro-immagine.

### **2.1 Studi su pazienti con lesioni cerebrali**

L'evidenza in neuroscienze cognitive mostra che pazienti con lesioni focali nel lobo prefrontale sono limitati in molti aspetti del *decision making* sociale e individuale [Damasio, 1994; Bechara *et al.*, 1994; Anderson *et al.*, 1999]. Le conseguenze del loro comportamento sono spesso svantaggiose e inappropriate. Ne sono un esempio la tendenza a perdere il lavoro, l'incapacità di mantenere stabili relazioni personali ed il ripetuto coinvolgimento in investimenti finanziari fallimentari. La più grande anomalia consiste nel fatto che il loro comportamento non è dovuto a mancanza di conoscenza o limitata intelligenza. Essi sono, infatti, capaci di rappresentare e giudicare correttamente

contesti sociali e individuali astratti, mentre falliscono in analoghe situazioni della vita reale. Damasio e colleghi spiegano le mancanze nel decision making dei pazienti orbitofrontali con l'inabilità di generare "marcatori somatici" che potrebbero anticipare le conseguenze delle loro azioni. Questa ipotesi è stata principalmente testata con un compito di *gambling* (comunemente chiamato IOWA *gambling task*, decision making individuale), caratterizzato da completa incertezza sui possibili risultati della scelta e da impossibilità per il soggetto di confrontare il risultato dell'alternativa scelta e di quelle rifiutate.

L'ipotesi del marcatore somatico ha evidenziato principalmente influenze *bottom-up* delle emozioni (attività di aree subcorticali) su processi decisionali (attività di aree corticali) senza alcun interferenza di processi cognitivi [Damasio, 1994; Bechara *et al.* 1994]. Coricelli *et al.* [2007] propongono una differente interpretazione, in cui la corteccia orbitofrontale manifesta una modulazione *top-down* della definizione delle emozioni grazie al ragionamento controfattuale (processo cognitivo) tra il risultato ottenuto e il risultato delle possibili alternative che abbiamo rifiutato, dopo che una decisione sia stata presa e le sue conseguenze siano state valutate.

In Camille *et al.* [2004] e Coricelli *et al.* [2005] si propone che la corteccia orbitofrontale (OFC) moduli l'acquisizione delle emozioni, grazie a tali strategie di ragionamento. La principale predizione consiste nel fatto che la corteccia orbitofrontale integri componenti cognitive ed emozionali dell'intero processo decisionale; il suo funzionamento anomalo sottolinea l'inabilità a generare specifiche emozioni, come il rimpianto e il senso di colpa, che hanno un fondamentale ruolo nel regolare strategie comportamentali in un contesto individuale.

## **2.2 Come il cervello risponde alle conseguenze delle nostre scelte: le basi neuronali del rimpianto**

Nello studio di Camille *et al.* [2004] veniva richiesto ai partecipanti di effettuare una serie di scelte tra due lotterie con diverse vincite potenziali e diverse probabilità (**Fig 1**).

Nella condizione “informazione parziale” i soggetti ricevevano esclusivamente informazioni sul risultato della lotteria scelta, mentre nella condizione “informazione completa” venivano presentati i risultati di entrambe le lotterie. In questo modo si poteva indurre il rimpianto attraverso il confronto svantaggioso tra il risultato della lotteria scelta e quello che si sarebbe potuto ottenere con la scelta alternativa. Alla fine di ogni compito decisionale veniva richiesto ai soggetti di valutare il loro stato emozionale rispetto al risultato ottenuto. I partecipanti non affetti da alcuna patologia (considerati come controlli) riportarono delle valutazioni emozionali coerenti con un ragionamento controfattuale tra il risultato ottenuto e il risultato che avrebbero potuto ottenere con la scelta alternativa. Per esempio una vincita di 50 euro, quando la scelta alternativa avrebbe fatto vincere 200 euro, generava una risposta emotiva estremamente negativa. Alternativamente, vincere 50 euro quando l’alternativa avrebbe fatto perdere 200 euro, generava una risposta positiva, una sorta di sollievo. Questo dimostra come le risposte emotive dipendano non dal valore assoluto della vincita o perdita, come la teoria economica standard avrebbe predetto, ma dal confronto (controfattuale) tra quello che abbiamo ottenuto e quello che avremmo potuto ottenere con una scelta alternativa. L’esperienza del rimpianto genera poi scelte caratterizzate dal tentativo di evitare situazioni che generino tale emozione negativa. I soggetti non affetti da nessuna patologia

scelgono infatti in modo da evitare il rimpianto futuro, quindi anticipano al momento della scelta la possibilità di un'emozione negativa e cercano appunto di evitare tale situazione futura. Contrariamente, i pazienti con delle lesioni selettive della corteccia orbitofrontale non riportano l'esperienza del rimpianto e non anticipano le possibili conseguenze negative delle loro azioni (**Fig. 2**). I pazienti orbitofrontali persistono nella scelta di lotterie che potenzialmente producono rimpianto futuro, le stesse che i soggetti non affetti da nessuna patologia imparano ad evitare durante l'esperimento. Paradossalmente le scelte dei pazienti orbitofrontali sono più in linea con le prescrizioni della teoria economica standard, infatti questi pazienti non deviano mai dalla massimizzazione dell'utilità attesa, anche quando tale comportamento non ha un valore adattivo. E' importante sottolineare che l'assenza dell'esperienza e dell'anticipazione del rimpianto non si verifica in pazienti con lesioni in altre porzioni della corteccia prefrontale diverse dall'orbitofrontale e in pazienti con lesioni in aree limbiche, come l'amigdala.

In un successivo studio di risonanza magnetica funzionale con partecipanti non affetti da nessuna patologia, Coricelli *et al.* [2005] hanno riscontrato un aumento dell'attività cerebrale nella corteccia orbitofrontale durante l'esperienza del rimpianto e durante l'anticipazione di tale emozione al momento della scelta. Un aspetto importante di questi processi riguarda la relazione tra esperienza emozionale e controllo cognitivo sulle scelte. I risultati di Coricelli *et al.* mostrano come l'esperienza di emozioni negative, come il rimpianto, induce un maggior coinvolgimento delle componenti cognitive nelle scelte future. Nelle scelte che seguono all'ottenimento di un risultato negativo si verificava appunto un'attività cerebrale in aree come il lobulo parietale inferiore, la

corteccia prefrontale dorsolaterale e la corteccia orbitofrontale laterale destra (**Fig. 3**). Tali aree formano appunto un circuito cerebrale comunemente associato al controllo cognitivo. Quindi in tali casi l'esperienza emozionale induce l'intervento delle nostre risorse cognitive.

Questi risultati dimostrano come la corteccia orbitofrontale integri componenti emozionali e cognitive dell'intero processo decisionale, e un malfunzionamento di tale struttura cerebrale generi comportamenti non-adattivi.

### **2.3 Come il cervello elabora il valore atteso e il rischio delle scelte**

Gli studi di neuro-economia, oltre ad aver evidenziato l'importanza e il ruolo delle emozioni nelle decisioni, hanno chiarito aspetti specifici delle scelte in situazioni di rischio e incertezza. Tali scelte implicano l'elaborazione del valore atteso (la media) e il rischio (il livello di incertezza, la varianza) delle diverse opzioni di scelta. Preuschoff e colleghi [2006] hanno dimostrato come l'attività cerebrale relativa alla elaborazione del valore atteso e quella relativa al rischio delle scelte siano dilazionate nel tempo. In particolare l'elaborazione del valore atteso di una scelta è pressoché immediato, mentre la valutazione del rischio avviene con un ritardo. Questo risultato è consistente con l'attività immediata (fasica) dei neuroni dopaminergici relativa all'elaborazione del valore atteso e l'attività sostenuta da tali neuroni relativa al rischio, osservate in studi di neurofisiologia animale [Fiorillo *et al.* 2003; Tobler *et al.*, 2005]. Il compito sperimentale di Preuschoff *et al.* [2006] riesce a dissociare queste due componenti, facendo variare simultaneamente il valore atteso e il rischio. I partecipanti al loro esperimento di risonanza magnetica dovevano decidere se scommettere \$ 1 sul fatto che la seconda di due carte da gioco fosse

più alta o più bassa di una prima carta. Questa scommessa avveniva prima di vedere la prima carta. Le carte da gioco avevano valori da 1 a 10. In questo modo, data la scommessa (la seconda carta: più alta o più bassa) e dato il valore della prima carta, il soggetto si trovava in diverse situazioni prima di conoscere il valore della seconda carta (nella fase di anticipazione della ricompensa). Per esempio, se il soggetto aveva scommesso su “carta più alta”, la probabilità di vincita era tanto maggiore quanto la prima carta era bassa. Indipendentemente dalla scelta, la massima incertezza si aveva quando la prima carta era uguale a 5. Il valore atteso è lineare rispetto alla probabilità della ricompensa, mentre il rischio è minimo a valori della probabilità di 0 e 1 e massimo a 0.5, quindi ha un andamento ad U rovesciata (funzione quadratica). I risultati di questo esperimento mostrano come l’attività cerebrale relativa al valore atteso della scelta abbia una correlazione positiva e lineare rispetto alla probabilità della ricompensa e che il rischio abbia un andamento a U rovesciata (**Fig. 4**). Questo avviene nello striato ventrale e nel putamen per il valore atteso e ancora nello striato ventrale e nel talamo per il rischio. Il risultato dimostra come il rischio sia codificato a livello neuronale con la varianza dei possibili risultati. Questo dimostra una differenziazione temporale in termini di attività cerebrale tra queste due componenti fondamentali delle decisioni (valore atteso e rischio) e dimostra come la varianza sia una buona misura dell’incertezza.

#### **2.4 Le basi neuronali dell’effetto *framing***

In un recente studio De Martino *et al.* [2006] dimostrano come l’effetto di *framing* sia associato all’attività cerebrale dell’amigdala. Questo risultato suggerisce che una componente fondamentale delle deviazioni dalle scelte razionali (*bias* decisionali) sia



dovuto all'intervento di un substrato neuronale associato a risposte emozionali. Lo studio di De Martino *et al.* è stato condotto con la risonanza magnetica funzionale su soggetti sani. I partecipanti dovevano scegliere tra una lotteria o un'opzione sicura. L'opzione sicura era presentata con due "frame" diversi. Si indicava in un caso l'ammontare di denaro che il soggetto poteva "mantenere" rispetto ad un ammontare inizialmente offerto, *frame* delle vincite, oppure nell'altro caso si indicava l'ammontare che il soggetto avrebbe dovuto "perdere" rispetto all'ammontare iniziale, *frame* delle perdite. Per esempio, si indicava al soggetto un ammontare iniziale di 50 sterline, poi la scelta tra una lotteria che indicava la probabilità di ottenere le 50 sterline o di perdere tutto (cioè ottenere 0 sterline), oppure la scelta sicura di "mantenere 20 sterline" (o "perdere 30 sterline"). Questa semplice manipolazione ha determinato un netto effetto comportamentale. I soggetti hanno scelto la lotteria in un numero significativamente maggiore nel caso del *frame* delle perdite, rispetto al *frame* delle vincite. Quindi si sono comportati in modo propenso al rischio nel dominio delle perdite e avversi al rischio nel dominio delle vincite, come prescritto dalla *Prospect Theory* [Kahneman e Tversky, 1979]. Il correlato neuronale di tale comportamento (euristica affettiva) è rappresentato dall'attività dell'amigdala (**Fig. 5**), che elabora l'informazione emotiva implicita nel contesto decisionale (*frame* delle vincite o delle perdite).

### **3 Il cervello sociale**

Una delle caratteristiche fondamentali, particolarmente dal punto di vista evolutivo, per il successo della specie umana è la forte interdipendenza che esiste tra i suoi membri. Ciò si manifesta nelle nostre società in comportamenti cooperativi, presenti addirittura su larga

scala tra individui geneticamente non correlati. La definizione di regole sociali attraverso cooperazione e reciprocità è un argomento classico nelle scienze sociali. Recentemente è diventato un punto di interesse anche nelle scienze cognitive e in neuroscienza. Queste ultime discipline sperano di raggiungere la comprensione dei meccanismi del cervello umano in riferimento all'abilità di rispondere a segnali significativi da un punto di vista sociale, di esprimere emozioni morali, come orgoglio, rimpianto e senso di colpa, e di compiere scelte in situazioni in cui l'interesse individuale compete con la pressione verso una mutua cooperazione (cioè in situazioni di dilemma sociale).

Approcci neuroscientifici alla cognizione sociale forniscono un'informazione cruciale riguardo a regioni cerebrali e a processi implicati nella percezione di stimoli sociali, nel *decision making*, e in emozioni come il rimpianto, il senso di colpa e lo sdegno sociale.

In linea con i lavori su processi di ricompensa monetaria e gli effetti delle emozioni sul decision making [Camille *et al.*, 2004; Coricelli *et al.*, 2005; De Martino *et al.* 2006], si possono caratterizzare le aree cerebrali che si attivano in contesti di scelte individuali ed in contesti di interazione sociale e specificare la relazione funzionale tra decision making razionale e influenze emotive sui processi decisionali.

### **3.1 Una prospettiva neuro-economica alla cognizione sociale**

La teoria dei giochi, uno strumento particolarmente significativo nella teoria economica, postula che gli individui tendano a raggiungere il miglior risultato possibile dati i vincoli esterni e il comportamento degli altri individui [Von Neuman e Morgenstein, 1944]. Questa teoria può predire scelte prese in svariate situazioni, che implicano ragionamento

strategico o interazioni competitive tra gli individui. E' sapientemente illustrata da uno dei compiti sperimentali o gioco, che gli economisti usano per rappresentare le interazioni sociali: il gioco dell'ultimatum. Questo gioco riguarda la divisione di una somma di denaro, attribuita ad un '*proposer*' a cui viene richiesto di offrire una quota di tale somma, ad un '*receiver*' che può accettarla o rifiutarla. Se l'offerta è rifiutata, entrambi i giocatori rimangono a mani vuote. Quindi da un punto di vista puramente teorico e razionale (Equilibrio di Nash) il *proposer* dovrebbe offrire una somma minima, sapendo che l'altro preferirà sempre tale somma a zero. Tale gioco è stato utilizzato per sottolineare il fatto che i soggetti non agiscono sempre come decisori razionali che tendono esclusivamente a massimizzare i loro guadagni. Infatti, nel gioco dell'ultimatum, un'offerta che viene giudicata non equa (normalmente inferiore al 30% della somma disponibile) viene rifiutata, sebbene cio' sia finanziariamente svantaggioso, dal momento che anche una piccola quota è meglio di niente [Fehr e Smith, 1999].

Modelli basati sulle preferenze sociali [Rabin, 1993] che integrano il ruolo delle emozioni si propongono di spiegare l'evidenza di giustizia sociale, fiducia e reciprocità in interazioni sociali. Il comportamento cooperativo si manifesta in tutte le società umane (sebbene ci siano variazioni nella soglia di demarcazione tra giustizia sociale e non equità in differenti culture), ma è molto meno frequentemente osservato in altre specie, dagli invertebrati fino a primati non umani. Quindi sorge la questione se possedere un'abilità cognitiva specifica o un set di abilità siano un prerequisito affinché emergano cooperazione e reciprocità in un gruppo sociale. Individuare le caratteristiche dell'apparato cognitivo umano che rendono possibile cooperazione e reciprocità, e localizzare le strutture cerebrali e i processi che sono responsabili di tale comportamento,

sono gli obiettivi principali degli studi di neuroeconomia. Tutti gli studi sperimentali che presentiamo in questo capitolo sono basati su giochi economici per indagare differenti aspetti della cognizione sociale. Tale framework teorico rende possibile la difficile individuazione di processi cognitivi fondamentali per le scelte sociali e l'interpretazione di comportamenti sperimentali che deviano dai postulati teorici.

### **3.2 Il gioco dell'Ultimatum**

Le basi neuronali del gioco dell'ultimatum descritto sopra sono state recentemente scoperte in uno studio di risonanza magnetica funzionale [Sanfey *et al*, 2003]. I partecipanti di questo studio dovevano decidere se accettare o meno delle offerte effettuate da diverse persone o da un computer. Tali offerte riguardavano la divisione di un ammontare di denaro di \$ 10. Le offerte variavano da \$ 5 per il *proposer* e \$ 5 per il *receiver* (la proposta equa), a offerte meno eque di \$ 7-\$ 3, \$ 8-\$ 2, \$ 9-\$ 1. I soggetti con il ruolo di *receiver* rifiutano la maggioranza delle offerte non eque (al di sotto del 20% del totale; quindi \$ 8-\$ 2 e \$ 9-\$ 1). I risultati della risonanza magnetica funzionale, relativi alle situazioni non eque da un punto di vista della norma sociale di equità, mostrano l'attività della corteccia dorsolaterale prefrontale, della corteccia cingolare anteriore e dell'insula. La corteccia dorsolaterale fa riferimento a processi più puramente cognitivi, mentre l'insula è comunemente associata a processi emozionali. I risultati di questo studio mostrano come solo l'attività dell'insula distingue tra i due comportamenti (**Fig. 6**), rifiutare o accettare l'offerta del *proposer*. Infatti, la scelta di rifiutare l'offerta non equa era associata ad un aumento significativo dell'attività dell'insula rispetto alla scelta di accettare tale offerta. Questo risultato dimostra come la scelta di rifiutare

l'offerta non equa sia dovuta al prevalere di una reazione emozionale rispetto al mero calcolo monetario secondo il quale "più è meglio" (anche un'offerta minima è meglio di niente, il risultato del rifiuto).

### **3.3 Le basi neurali della reputazione e della fiducia**

Nel gioco della fiducia (*trust game*) se il primo giocatore non ha fiducia nel fatto che il secondo reciprocherà, potrà porre fine al gioco con un piccolo ammontare monetario per entrambi (per esempio 10 euro per ciascuno), o potrà dare al secondo giocatore l'opportunità di scegliere tra reciprocare o defezionare. Se il secondo giocatore reciproca, egli e il primo giocatore ottengono di più del primo risultato (20 euro per ciascuno); al contrario il gioco finisce con il massimo risultato per il secondo giocatore (40 euro) e con un risultato pari a zero per il primo se il secondo defeziona. In questo gioco se il primo giocatore dà al secondo l'opportunità di scegliere, significa che egli ha fiducia che il secondo giocatore reciprocherà. L'equilibrio di Nash è sempre "non dare fiducia" per il primo giocatore e sempre "defezionare" per il secondo. Risultati comportamentali indicano la presenza di fiducia [Berg *et al.*, 1995; Coricelli *et al.* 2000]. Questa divergenza tra il comportamento dei soggetti sperimentali e quello predetto dalla teoria dei giochi è attribuita all'accettazione di norme sociali (la cosiddetta *fairness*) e il loro rinforzo prodotto da risposte emotive al comportamento degli altri. Quando questo gioco viene ripetuto, si possono determinare fenomeni di reputazione. In questi casi a comportamenti di reciprocità seguono comportamenti di fiducia. I correlati neurali di questo schema comportamentale sono stati evidenziati in un recente studio [King-Casas *et al.* 2005] in cui veniva chiesto a coppie di partecipanti di prendere una serie di

decisioni di fiducia e reciprocità, ciascuno all'interno di una macchina di risonanza magnetica funzionale. Questa metodologia, chiamata *iperscanning*, permette di confrontare le attività cerebrali dei due partecipanti durante la ripetizione del processo interattivo e quindi di stabilirne la sua evoluzione. I risultati di questo esperimento mostrano la presenza di processi cerebrali relativi alla formazione della reputazione tra i due partecipanti. Un segnale relativo all'intenzione di fiducia e di reciprocare, cioè l'anticipazione di tali scelte, viene riscontrato nell'attività della corteccia cingolata mediana del primo giocatore e della corteccia cingolata anteriore e del caudato (striato dorsale) del secondo giocatore. Questo segnale viene anticipato di 14 secondi alla fine dell'esperimento rispetto alle prime interazioni, dimostrando la presenza di un processo di reputazione tra i due giocatori.

### **3.4 Le basi neuronali della punizione di violazioni di norme sociali**

Un importante fenomeno comportamentale, chiamato punizione altruistica, fa riferimento a quei casi in cui gli individui sono disposti ad incorrere in costi, pur di punire coloro che violano norme sociali. Questo fenomeno si verifica anche in situazioni in cui l'interazione non viene ripetuta, quindi si parla di altruismo perché colui che punisce incorre in un costo senza alcun ritorno per sé. Una motivazione della punizione altruistica consiste nel fatto che colui che punisce si aspetta che colui che viola la norma sociale cambi tale atteggiamento in futuro (e quindi interagisca con gli altri in maniera socialmente corretta) a causa della punizione. La punizione viene quindi intesa come un mezzo per indurre comportamenti pro-sociali e cooperativi. La base neuronale di tale fenomeno è stata scoperta in uno studio di neuroimmagine funzionale (Tomografia ad

emissione di positroni). In questo studio de Quervain e colleghi hanno registrato l'attività neuronale dei partecipanti durante un gioco di fiducia (trust game) e rispetto a diverse forme di punizione di comportamenti giudicati non equi. Il confronto tra una condizione sperimentale detta di punizione effettiva, in cui venivano penalizzati finanziariamente coloro che venivano puniti, e una condizione di punizione simbolica, o di assenza della possibilità di punire, ha mostrato l'attività dello striato dorsale nel primo caso e non negli ultimi. Quindi lo striato dorsale, un'area comunemente associata al sistema delle ricompense e delle motivazioni, si attiva quando un soggetto punisce in maniera efficace colui che ha violato una norma sociale. Questo dimostra che colui che punisce prova soddisfazione nel punire colui che viola la norma di equità sociale, anche se incorre in un costo personale.

### **3.5 L'esclusione sociale**

L'esclusione sociale può considerarsi un altro fenomeno di potenziale punizione di comportamenti antisociali. In particolare, un recente studio di neuroimmagine funzionale dimostra come l'esclusione sociale sia correlata con l'attività di aree cerebrali comunemente associate al dolore, come la corteccia cingolare anteriore. Questo è consistente con l'idea che l'esclusione sociale sia una forma particolarmente severa di punizione. Tale risultato mostra come fenomeni sociali, anche complessi, siano associati a reazioni emozionali di base.

## **4 Conclusioni**

In questo capitolo abbiamo seguito un approccio fondamentalmente multidisciplinare, che si estende dall'economia alla neuropsicologia, alla neuroimmagine ed alle

neuroscienze cognitive. Questo approccio si basa su compiti (o giochi) comportamentali, per i quali è definita la risposta ottima, ed indaga sulle modalità con cui stati emozionali e contesti sociali influenzino tali risposte ottime.

Approcci neurobiologici possono significativamente contribuire a comprendere meglio le fondamenta cognitive del decision making economico, dal modo in cui le persone valutano ed anticipano i guadagni al modo in cui esse si formino le credenze riguardo a quello che le altre persone sentono o potrebbero fare. Reciprocamente, il formalismo matematico delle teorie economiche potrebbe apportare nuovi metodi di analisi alle computazioni neurali coinvolte nella rappresentazione di variabili decisionali. La neuroeconomia adotta tale prospettiva sul decision making, chiedendosi come utilità e contesto sociale congiuntamente determinino il modo in cui ci rappresentiamo i valori delle diverse opzioni e come conseguentemente influenzino le nostre scelte. Ci aspettiamo che questa iniziativa apra una nuova prospettiva metodologica tra teoria e sperimentazione, tra modelli matematici e funzione cerebrale.

Inoltre, i risultati di tali ricerche potranno apportare nuovi mezzi di diagnosi/misure della severità degli impedimenti comportamentali dovuti a lesioni ai lobi prefrontali e potrebbero in futuro definire nuovi strumenti riabilitativi per aiutare i pazienti a condurre stili di vita più integrati nel contesto sociale.

La disfunzione prefrontale è una componente cruciale di numerose patologie mentali, quali la schizofrenia e la dipendenza da droghe. Il livello esplicativo che l'approccio neuroeconomico raggiungerà nei prossimi anni potrebbe aiutare a definire nuove terapie per una vasta gamma di patologie psichiatriche.



Infine, da un punto di vista più filosofico, i risultati della neuroeconomia potrebbero dare una più ampia visione di cosa si intende per essere razionale, una questione che, come la divergenza tra i postulati della teoria economica ed il comportamento osservato nei contesti sperimentali suggerisce, non è ancora stato chiarito.

### **Percorso di autoverifica**

1. I pazienti con delle lesioni nella corteccia orbitofrontale provano rimpianto per le proprie azioni?
2. Le emozioni possono indurre processi di controllo cognitivo sulle scelte?
3. I soggetti sperimentali non affetti da nessuna patologia scelgono in modo da evitare il rimpianto futuro?
4. Quale è l'area cerebrale che è maggiormente implicata nell'effetto di *framing*?
5. I risultati degli studi di neuroscienza dimostrano che il valore atteso delle varie opzioni delle scelte viene elaborato prima o dopo del rischio di tale scelte?
6. La varianza delle opzioni di scelta è una buona misura del rischio?
7. Nel gioco dell'ultimatum, i soggetti sperimentali accettano sempre offerte non eque?
8. Alla maggiore attività dell'insula corrisponde una scelta di accettazione dell'offerta non equa?
9. Il cervello può codificare la fiducia e la reputazione?
10. L'esclusione sociale ha un impatto emotivo?

### **Letture consigliate**

1. Glimcher, P.W. (2003). *Decisions, Uncertainty, and the Brain.: The Science of Neuroeconomics*, MIT Press. Questo è il primo libro in cui vengono definite le basi della neuroeconomia. Il libro percorre le tappe più importanti della neurofisiologia e conclude

mostrando come l'approccio neuroeconomico può essere informativo per la comprensione dei processi cerebrali.

2. Dolan, R.J. (2002). Emotion, Cognition, and Behavior. *Science*, 298, pp. 1191-1194.  
Questo articolo rappresenta una rassegna breve ma estremamente chiara della relazione tra processi cognitivi ed emozionali nelle scelte.
3. Glimcher, PW, Rustichini, A. (2004). Neuroeconomics: the confluence of brain and decision. *Science*, 306, pp. 447-452. E' una rassegna dei maggiori studi di neuroeconomia.

## Bibliografia

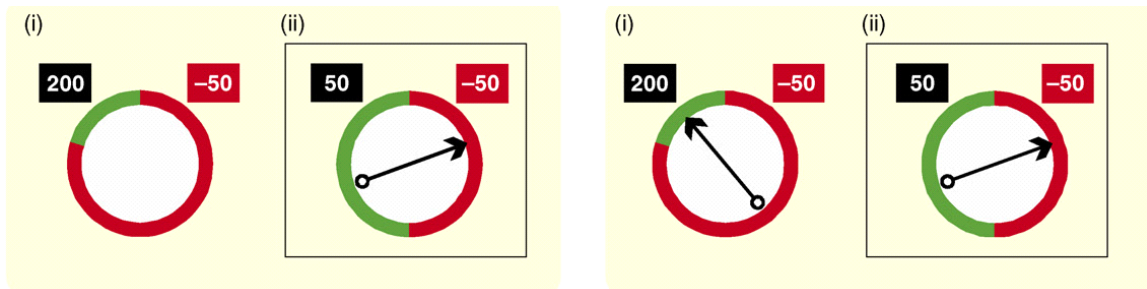
- S.W. Anderson, A. Bechara, H. Damasio, D. Tranel, A.R. Damasio, *Impairment of social and moral behavior related to early damage in the human prefrontal cortex*, in «Nature Neuroscience», 2, 1999, pp.1032-1037.
- A. Bechara, H. Damasio, D. Tranel, A. Damasio, *Deciding Advantageously Before Knowing the Advantageous Strategy*, in «Science», 275, 1997, pp. 1293-1294.
- A. Bechara, A.R. Damasio, H. Damasio, S.W. Anderson, *Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex*, in «Cognition», 50, 1994, pp. 7-15.
- N. Camille, G. Coricelli, J. Sallet, P. Pradat-Diehl, J.R. Duhamel, A. Sirigu, *The involvement of the orbitofrontal cortex in the experience of regret*, in «Science», 304, 2004, pp.1167-1170.
- G. Coricelli, H.D. Critchley, M. Joffily, J.D. O'Doherty, A. Sirigu, R.J. Dolan, *Regret and its Avoidance: A Neuroimaging Study of Choice Behavior*, in «Nature Neuroscience», 8, 2005, pp. 1255 - 1262.
- G. Coricelli, K.A. McCabe, V.L. Smith, *Theory-of-mind mechanism in personal exchange*, in «Affective Mind», Elsevier Science Publisher, 2000, pp. 250-259.
- A.R. Damasio, *Descartes' error: Emotion, reason, and the human brain*, New York: Putnam, 1994.
- B. De Martino, D. Kumaran, B. Seymour, R.J. Dolan, *Frames, Biases, and Rational Decision-Making in the Human Brain*, in «Science», 313, 2006, pp. 684-687.
- D.J. de Quervain, U. Fischbacher, V. Treyer, M. Schellhammer, U. Schnyder, A. Buck, E. Fehr, *The neural basis of altruistic punishment*, in «Science», 2004, 305, pp.1254-1258.
- N.I. Eisenberger, M.D. Lieberman, K.D. Williams, *Does rejection hurt? An fMRI study of social exclusion*, in «Science», 302, 2003, pp. 290-292.
- E. Fehr, S. Gächter, *Fairness and Retaliation: The Economics of Reciprocity*, in «Journal of Economic Perspectives», 14, 2000, pp.159-181.
- E. Fehr, S. Gächter, *Altruistic punishment in humans*, in «Nature», 415, 2002, pp.137-140.
- E. Fehr, K.M. Schmidt, *A theory of fairness, competition and cooperation*, in «Quarterly Journal of Economics» 114, 1999, pp. 817-868.
- C.D. Fiorillo, P.N. Tobler, W. Schultz, *Discrete coding of reward probability and uncertainty by dopamine neurons*, in «Science», 299, 2003, pp. 1898-1902.
- P.W. Glimcher, A. Rustichini, *Neuroeconomics: the consilience of brain and decision*, in «Science», 306, 2004, pp. 447-452.
- D. Kahneman, A. Tversky, *Prospect theory: an analysis of decision under risk*, In «Econometrica», 47, 1979, pp. 263-292.
- B. Kin-Casas, D. Tomlin, C. Anen, C.F. Camerer, S.R. Quartz, P.R. Montague, *Getting to know you: Reputation and trust in a two-person economic exchange*, in «Science», 308, 2005, pp. 78-88.
- K. Preusschoff, P. Bossaerts, S.R. Quartz, *Neural differentiation of expected reward and risk in human subcortical structures*, in «Neuron», 51, 2006, pp. 381-390.

- M. Rabin, *Incorporating Fairness into Game Theory and Economics*, in «American Economic Review», 83, 1993, pp.1281-1302.
- A.G. Sanfey, J.K. Rilling, J.A. Aronson, L.E. Nystrom, J.D. Cohen, *The neural basis of economic decision-making in the ultimatum game*, in «Science», 300, 2003, pp. 1755-1758.
- P.N. Tobler, C.D. Fiorillo, W. Schultz, *Adaptive coding of reward value by dopamine neurons*, in «Science», 307, 2005, pp. 1642-1645.
- J. Von Neuman, O.Morgensten, *Theory of games and economic behavior*, Princeton Press, Princeton NJ. 1944

**Figura 1.** La figura illustra il compito sperimentale usato in Camille *et al.* [2004]. Le ruote indicano delle lotterie in cui le probabilità dei possibili risultati vengono indicate dalle rispettive porzioni del cerchio. Per esempio, se scegliete la lotteria (i) potete vincere 200 euro con 20% di probabilità e perdere 50 euro con 80% di probabilità. Nella condizione “informazione parziale” (a) i partecipanti ottengono l’informazione esclusivamente sul risultato della ruota scelta. Nella condizione “informazione completa” viene presentata anche l’informazione del risultato della lotteria non scelta. Nell’esempio qui riportato il soggetto ha perso 50 euro e sa che avrebbe ottenuto 200 euro se avesse scelto (controfattuale) la lotteria alternativa. In questo modo proverà il rimpianto per non aver scelto l’altra ruota.

(a) Informazione parziale

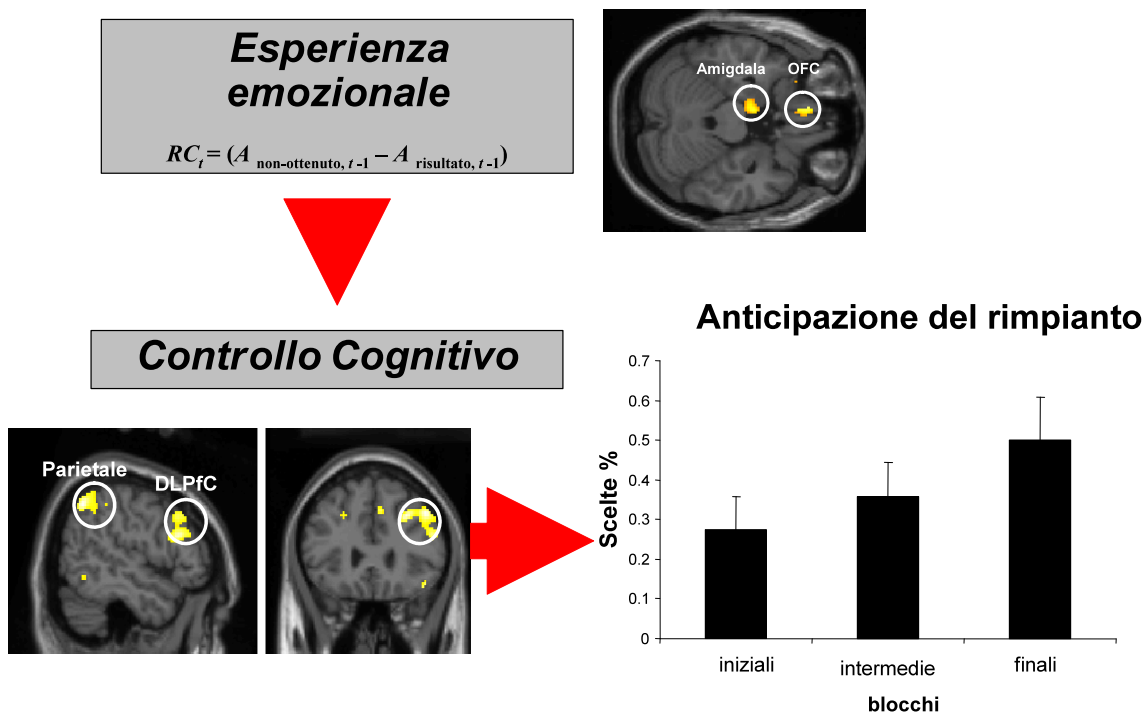
(b) Informazione completa



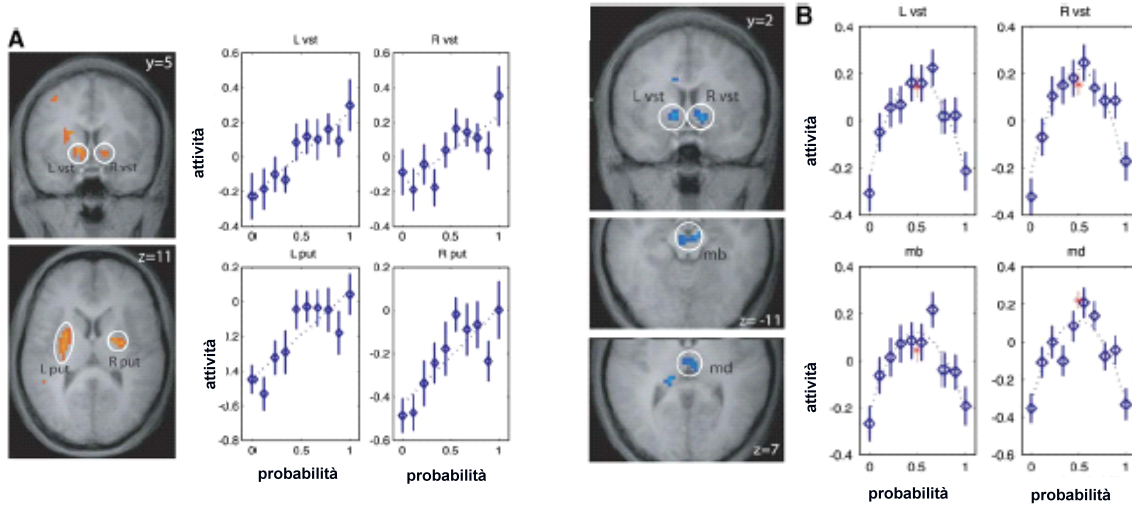
**Figura 2.** Sovrapposizione delle lesioni cerebrali di un gruppo di 5 pazienti. Le lesioni sono localizzate nella corteccia orbitofrontale [Camille *et al.*, 2004].



**Figura 3 .** L'esperienza emozionale, che chiamiamo Rimpianto Cumulativo (RC) ed è pari alla differenza delle medie dei risultati ottenuti e dei risultati che si sarebbero potuti ottenere con delle scelte alternative (rimpianto), attiva la corteccia orbitofrontale e l'amigdala. Tale esperienza emozionale determina l'attivazione di un circuito cerebrale (Lobulo parietale inferiore, Corteccia prefrontale dorsolaterale e orbitofrontale laterale) che è comunemente associato al controllo cognitivo. Il risultato, in termini di scelte, consiste in un aumento, durante il corso dell'esperimento, delle scelte dovute al tentativo di evitare il rimpianto (anticipazione del rimpianto). Questo pattern di attività neuronale rappresenta un processo adattivo: i soggetti si assumono la responsabilità delle loro azioni (rimpianto) e cercano di evitare gli stessi errori nelle scelte future. [Coricelli *et al.*, 2005]

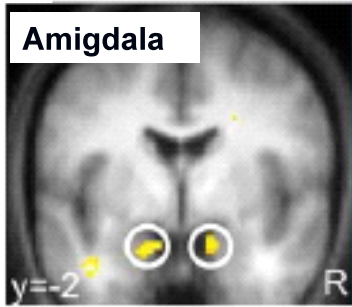


**Figura 4.** I risultati di Preuschoff *et al.* [2006] mostrano come l'attività cerebrale relativa al valore atteso della scelta abbia una correlazione positiva e lineare rispetto alla probabilità della ricompensa (A) e che il rischio abbia un andamento a U rovesciata (B). Il quadrante (A) indica l'attività neuronale relativa alla elaborazione del valore atteso: tale attività riguarda le aree del putamen (put) e dello striato ventrale (vst). Il quadrante (B) riporta l'attività relativa al rischio: striato ventrale bilaterale e il nucleo talamico mediodorsale (md).





**Figura 5.** L'effetto di *framing* è associato all'attività dell'amigdala (euristica affettiva).  
[De Martino *et al.* 2006]



**Figura 6.** La scelta di rifiutare l'offerta non equa è associata ad un aumento significativo dell'attività dell'insula (emozione) rispetto alla scelta di accettare tale offerta. L'attività della corteccia prefrontale dorsolaterale (cognizione) è la stessa per i due tipi di comportamento. Quindi la componente emozionale spiega la scelta di rifiuto delle offerte non eque. [Sanfey *et al.* 2003]

