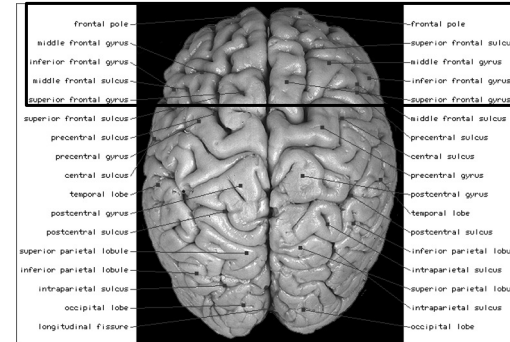


### Basi neurali giudizi e decisioni

- Principali aree cerebrali e circuiti neurali coinvolti nella decisione
- Letteratura crescente ma evidenza talvolta contraddittoria
- Nel giudizio e nella decisione hanno importanza le aree frontali del cervello, in particolare la corteccia prefrontale, ma non sono le sole aree coinvolte
- Le diverse aree prefrontali sembrano inoltre assumere un'importanza differenziale in diversi compiti (ad es. la corteccia dorsolaterale, ventromediale, orbitofrontale, ventrolaterale)
- Come vedremo, ci sono anche altre strutture cerebrali che sembrano giocare un ruolo rilevante, almeno in alcuni compiti che stimolano valutazioni/reazioni emotive (amigdala, insula, nuclei della base ecc)

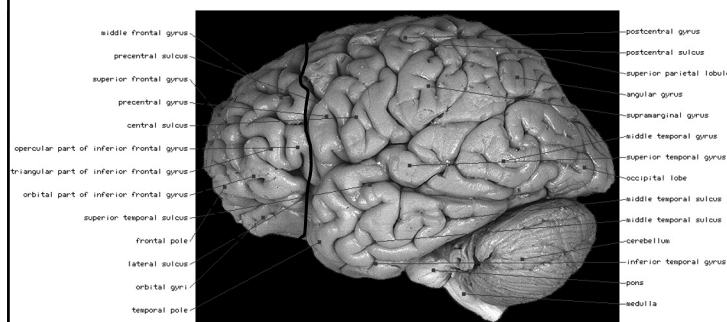
•1

### Proiezione superiore aree prefrontali



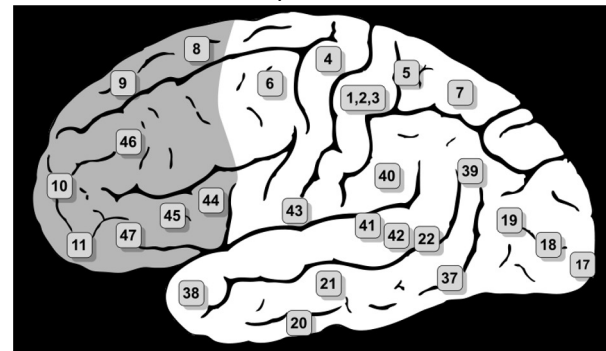
•2

### Proiezione laterale sinistra aree prefrontali



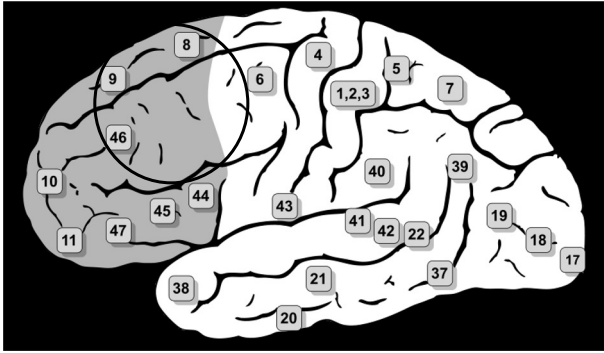
•3

### Aree prefrontali



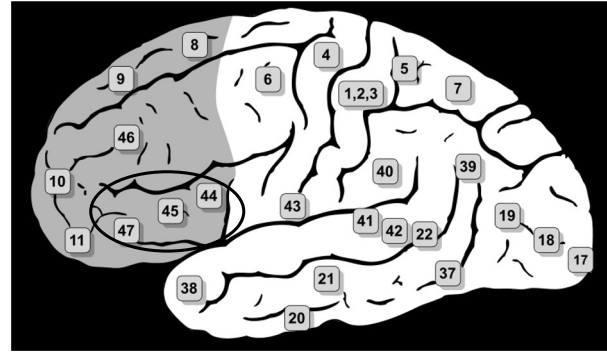
•4

Aree prefrontali dorsolaterali



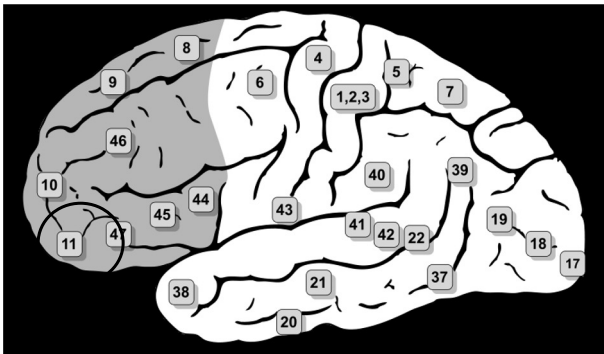
•5

Aree prefrontali ventrolaterali



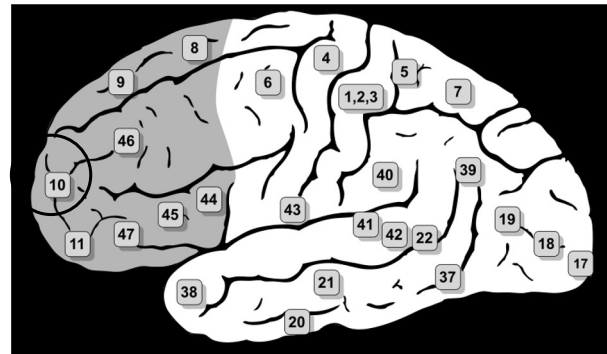
•6

Aree prefrontali orbitofrontali-ventromediali

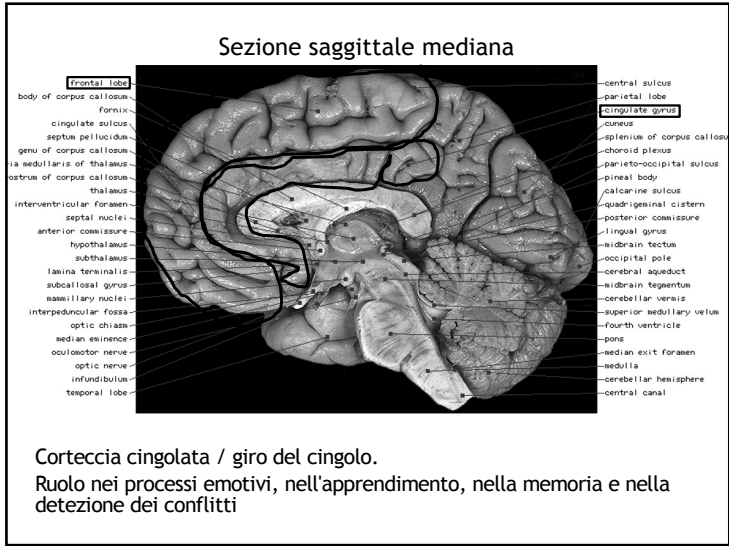


•7

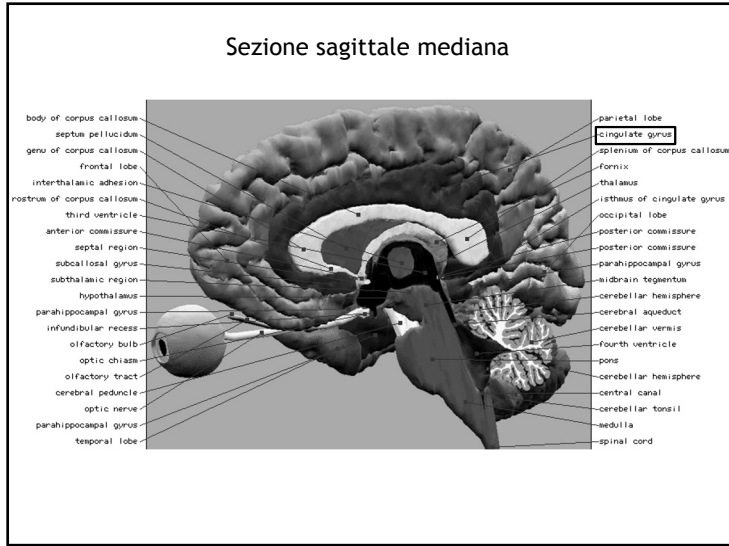
Aree prefrontali frontopolari



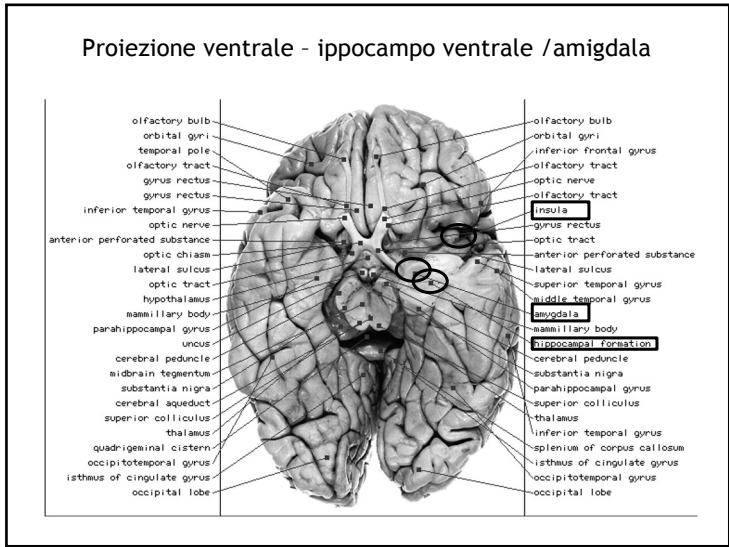
•8



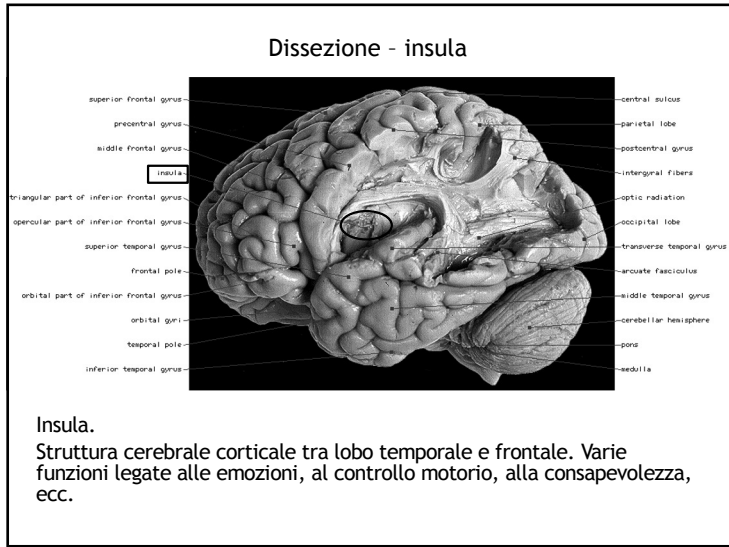
•9



•10

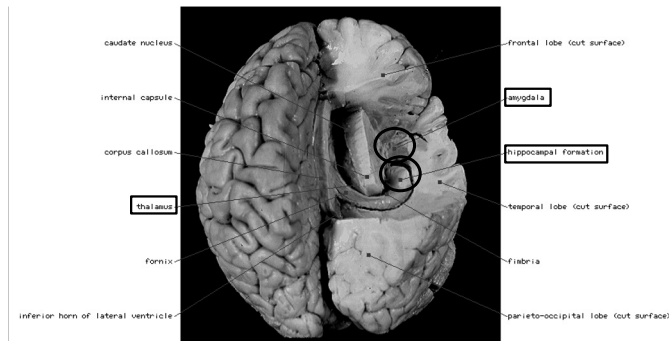


•11



•12

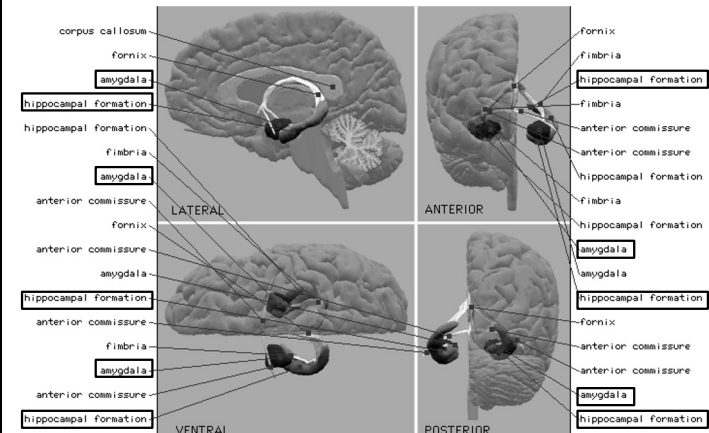
### Proiezione superiore con dissezione - ippocampo



**Amigdala.** Nuclei a forma di mandorla nella parte mediale dei lobi temporali. Ruolo nell'emozione e nella memoria  
**Ippocampo.** Nella parte interna del lobo temporale mediale. Ruolo nella memoria a lungo termine e nella navigazione spaziale

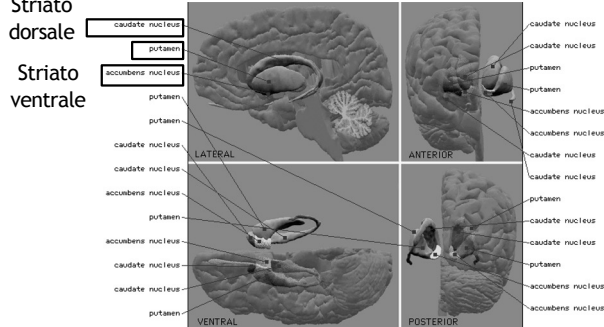
•13

### Ippocampo e amigdala



•14

### Gangli (o nuclei della base): Striato



**Gangli (o nuclei) della base:** Gruppo di nuclei alla base del cervello. Varietà di funzioni, incluso controllo motorio, apprendimento e selezione dell'azione. Comprendono lo **striato** (ruolo nella decisione), il pallido, il nucleo subtalamico.

**Striato ventrale** (ruolo in emozione e motivazione): comprende nucleus accumbens e tubercolo olfattivo. **Striato dorsale** (ruolo in apprendimento, memoria, movimento): comprende caudato e putamen.

•15

### Le basi neurali delle scelte individuali

- Studi su pazienti con lesioni cerebrali e studi di neuroimmagine
- La neuroimmagine funzionale studia in vivo le funzioni neurali nel cervello umano
  - La neuroimmagine funzionale si basa su tecniche di scansione computerizzata e visualizzazione dell'attività cerebrale (as es. PET e fMRI)
  - Queste tecniche permettono di stabilire quali parti del cervello si attivano maggiormente durante l'esecuzione di un determinato compito, grazie al monitoraggio della concentrazione di ossigeno (fMRI) e glucosio (PET) nel sangue che arriva al cervello

•16

### Le basi neurali delle scelte individuali

- Studi su pazienti con lesioni cerebrali
  - Pazienti con lesioni focali al lobo prefrontale (aree ventromediali) manifestano dei problemi nella decisione
  - Hanno problemi legati ai contesti di vita reale (perdite finanziarie, condotta socialmente inappropriata, perdita frequente lavoro)
  - Mantengono però le capacità intellettive e la capacità di giudicare contesti sociali e individuali astratti
- Damasio: pazienti incapaci di generare **marcatori somatici**, che sono segnali 'affettivo-viscerali' che anticipano le possibili conseguenze delle azioni

•17

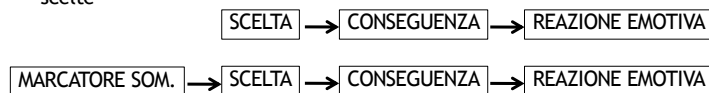
### Le basi neurali delle scelte individuali

- Ipotesi del marcatore somatico: influenze bottom-up delle sensazioni viscerali sui processi decisionali
- Ma anche le mozioni anticipatorie (ad esempio il rimpianto anticipato) svolgono un ruolo nella decisione (aree prefrontali orbitofrontali)

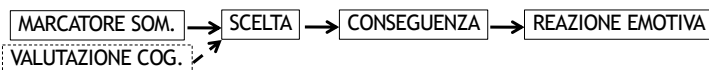
•18

### Marcatori somatici e decisioni rischiose

Secondo Damasio, le persone, associando le scelte alle loro conseguenze, svilupperebbero dei 'marcatori somatici' (o sensazioni viscerali) che permetterebbero loro di 'anticipare' gli esiti delle scelte



Questi marcatori somatici si svilupperebbero prima della comprensione consapevole della relazione tra scelta ed esito

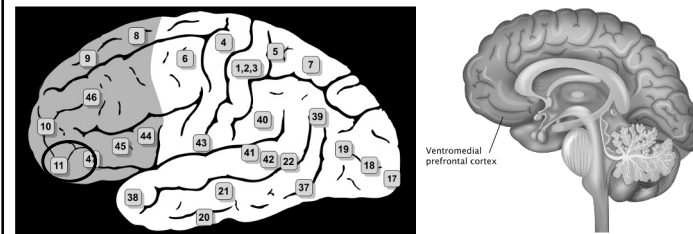


•19

### Marcatori somatici e decisioni rischiose

La corteccia prefrontale ventromediale sembra un'area del cervello implicata nello sviluppo dei marcatori somatici

Secondo Damasio, pazienti con lesioni in quest'area hanno problemi a sviluppare i marcatori somatici e quindi ad anticipare gli esiti delle scelte



•20

## Iowa Gambling Task

Damasio e collaboratori hanno testato le loro ipotesi utilizzando lo Iowa Gambling Task, un compito di scelta rischiosa abbastanza complesso in cui bisogna imparare il valore delle opzioni (mazzi di carte) e fare delle scelte ripetute, che possono portare a vincite o perdite

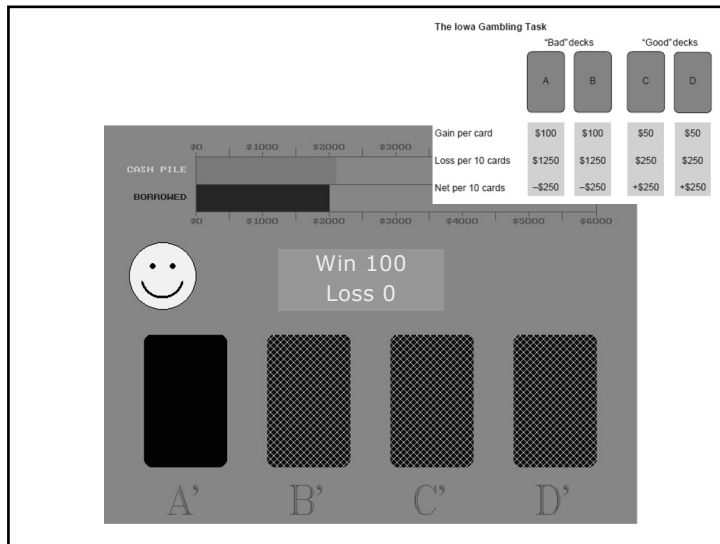
•21

## Iowa Gambling Task

4 mazzi di carte. Scelte ripetute dai mazzi. Dotazione iniziale 2000 \$.  
Ogni carta può produrre vincite e perdite. Due mazzi 'buoni' (alla fine si vince se si sceglie sempre da questi mazzi), altri due mazzi 'cattivi' (alla fine si perde se si sceglie sempre da questi mazzi)

I mazzi cattivi possono, però dare vincite immediate superiori ai mazzi buoni. I partecipanti devono imparare con l'esperienza ad evitare i mazzi 'cattivi' e a scegliere dai mazzi 'buoni'

•22



•23

## Iowa Gambling Task

I partecipanti normali, dopo alcune scelte, imparano ad evitare i mazzi cattivi e a scegliere dai mazzi buoni. Secondo Damasio, le scelte dei partecipanti anticipano la piena consapevolezza del valore dei mazzi

Inoltre, se si misura la conduttanza cutanea della pelle, si osserva che i partecipanti sviluppano delle risposte fisiologiche di attivazione che anticipano le pescate dai mazzi (per Damasio correlati dei marcatori somatici) - risposte fisiologiche più forti se si sta per pescare dai mazzi cattivi

•24

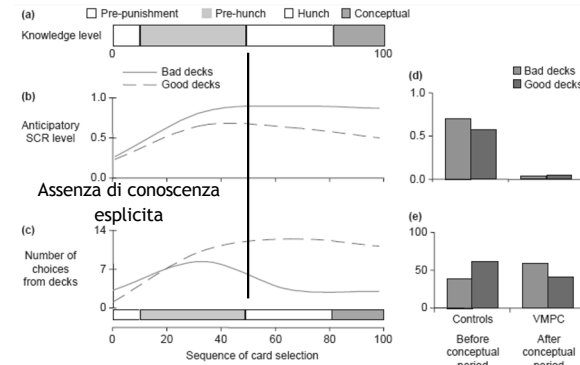
## Iowa Gambling Task

Pazienti prefrontali ventromediali: questi pazienti perseverano nelle scelte dai mazzi cattivi

Inoltre, questi pazienti non presentano la risposta cutanea anticipatoria (pur presentando una reazione fisiologica normale agli esiti delle scelte: vincite e perdite esperite)

•25

## Iowa Gambling Task



•26

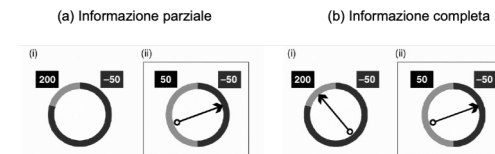
## Iowa Gambling Task

- Quindi, per Damasio e colleghi, i marcatori somatici avrebbero un ruolo adattivo nelle decisioni rischiose e lo sviluppo dei marcatori dipenderebbe dalla corteccia prefrontale ventromediale
- L'interpretazione dei risultati relativi allo IGT ha però subito varie critiche (come la teoria sottostante)
  - Alcuni autori hanno sottolineato il ruolo dei fattori cognitivi nell'IGT (che non sarebbe quindi solo un compito 'affettivo'). In linea con queste critiche è stato messo in luce un deficit nell'IGT anche conseguente a lesioni della corteccia prefrontale dorsolaterale (DLPFC, associata a controllo cognitivo e *working memory*)
  - Altri hanno discusso il fatto che i marcatori somatici precedano effettivamente la consapevolezza del valore dei mazzi
  - Altri ancora hanno ipotizzato che nell'IGT si misuri soprattutto uno specifico tipo di apprendimento (reversal learning)

•27

## Le basi neurali del rimpianto

Esperimento di Camille e coll. (2004): scelta tra due scommesse, con informazione parziale (solo esito scommessa scelta, senza induzione rimpianto) o completa (esiti entrambe le scommesse, induzione del rimpianto), e poi valutare la reazione emotiva all'esito



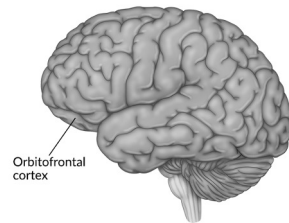
Soggetti normali: valutazioni emotive in base al ragionamento controfattuale (confronto tra risultato reale e risultato alternativo ottenibile) e anticipazione del rammarico nelle scelte successive (cerco di evitare il rammarico che potrei provare)

Pazienti con lesioni selettive alla corteccia orbitofrontale: non riportano rimpianto e non anticipano il possibile rimpianto associato alle scelte

•28

### Le basi neurali del rimpianto

- L'assenza dell'esperienza e dell'anticipazione del rimpianto si verifica solo in pazienti con lesioni alla corteccia orbitofrontale, non in pazienti con altre lesioni alla corteccia prefrontale o ad aree limbiche (amigdala)



•29

### Le basi neurali del rimpianto

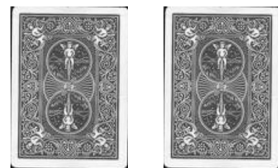
- Esperimento di Coricelli e coll. (2005):
  - tramite risonanza magnetica funzionale, rilevato aumento dell'attività nella OFC durante l'esperienza e l'anticipazione del rimpianto (sviluppo avversione al regret)
  - L'esperienza di emozioni negative (dopo una scelta insoddisfacente) porta a un maggior coinvolgimento delle componenti cognitive nelle scelte future (aumento di attività cerebrale in aree associate al controllo cognitivo: corteccia prefrontale dorsolaterale, lobulo parietale inferiore)

•30

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

Esperimento di Preuschoff e coll. (2006):

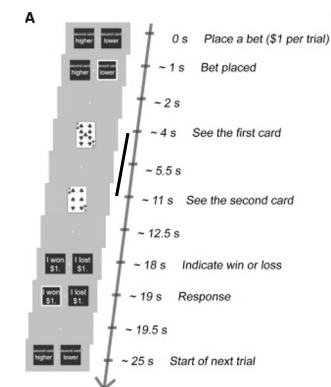
- Scommesse che variano simultaneamente valore e rischio. Uso della risonanza magnetica funzionale
- Estratte due carte da gioco in mazzo con carte da 1 a 10. La seconda carta è più alta o più bassa della prima? Scommettere 1 \$.
- Immaginiamo che uno/a scommetta su SECONDA CARTA PIU' BASSA



•31

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

Esperimento di Preuschoff e coll. (2006):

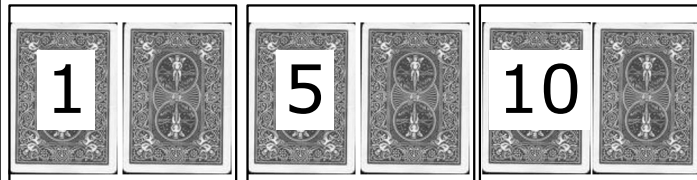


•32

Come il cervello elabora il valore atteso e il rischio delle scelte

Esperimento di Preuschoff e coll. (2006):

- Scommesse che variano simultaneamente valore e rischio. Uso della risonanza magnetica funzionale
- Estratte due carte da gioco in mazzo con carte da 1 a 10. La seconda carta è più alta o più bassa della prima? Scommettere 1 \$. Immaginiamo che uno/a scommetta su SECONDA CARTA PIU' BASSA



Valore atteso basso  
Rischio nullo

Valore atteso medio  
Rischio alto

Valore atteso alto  
Rischio nullo

•33

Esperimento di Preuschoff e coll. (2006):

- Immaginiamo che uno scommetta su SECONDA CARTA PIU' BASSA
- Valore delle carte: da 1 a 10

PRIMA CARTA:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valore	\$1	\$1	\$1	\$1	\$1	\$1	\$1	\$1	\$1	\$1
Probabilità	0	1/9	2/9	3/9	4/9	5/9	6/9	7/9	8/9	1

VALORE ATTESO:



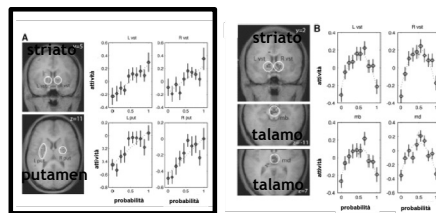
RISCHIO:



•34

Come il cervello elabora il valore atteso e il rischio delle scelte

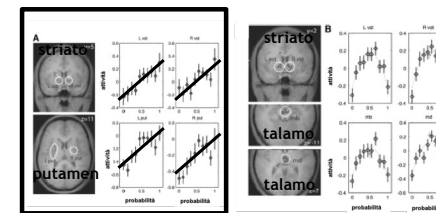
- Elaborazione del valore atteso è immediata e avviene nello striato ventrale e nel putamen



•35

Come il cervello elabora il valore atteso e il rischio delle scelte

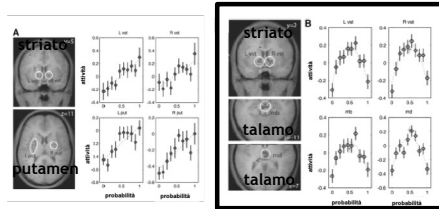
- Elaborazione del valore atteso è immediata e avviene nello striato ventrale e nel putamen
- L'attività cerebrale nel putamen e nello striato ventrale ha una correlazione positiva e lineare rispetto al valore atteso della scelta



•36

Come il cervello elabora il valore atteso e il rischio delle scelte

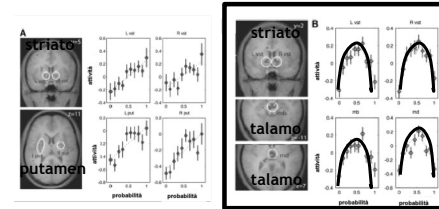
- L'elaborazione del rischio (incertezza esito) avviene con un ritardo, nello striato ventrale e nel talamo



•37

Come il cervello elabora il valore atteso e il rischio delle scelte

- L'elaborazione del rischio avviene con un ritardo, nello striato ventrale e nel talamo
- L'attività cerebrale nello striato ventrale e nel talamo ha una relazione a U rovesciata con la probabilità



•38

### Le basi neurali dell'effetto *framing*

Esperimento di De Martino e coll. (2006):

- Risonanza magnetica funzionale su partecipanti sani
- Scelta tra lotteria e opzione sicura (rappresentata come guadagno oppure come perdita)
- FRAME GUADAGNO. Hai ricevuto \$ 50, scegli tra
  - Tenere \$ 20
  - 40% di prob. di tenere tutto e il 60% di perdere tutto
- FRAME PERDITA. Hai ricevuto \$ 50, scegli tra
  - Perdere \$ 30
  - 40% di prob. di tenere tutto e il 60% di perdere tutto

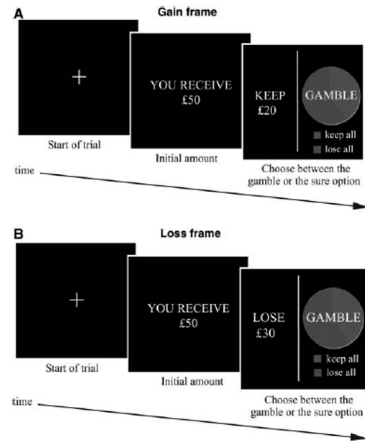
•39

### Le basi neurali dell'effetto *framing*

- FRAME GUADAGNO. Hai ricevuto \$ 50, scegli tra
  - Tenere \$ 20
  - 40% di prob. di tenere tutto e il 60% di perdere tutto
  - Valore atteso = 20
  - Valore atteso =  $(.40 * 50) + 0 = 20$
- FRAME PERDITA. Hai ricevuto \$ 50, scegli tra
  - Perdere \$ 30
  - 40% di prob. di tenere tutto e il 60% di perdere tutto
  - Valore atteso = 20
  - Valore atteso =  $(.40 * 50) + 0 = 20$

•40

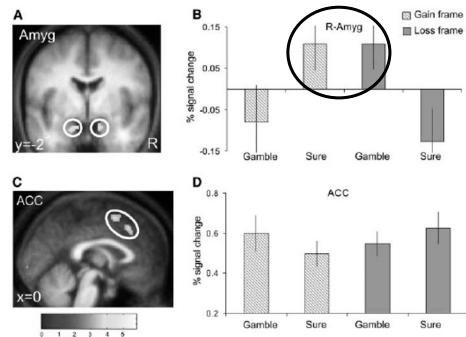
### Le basi neurali dell'effetto *framing*



•41

### Le basi neurali dell'effetto *framing*

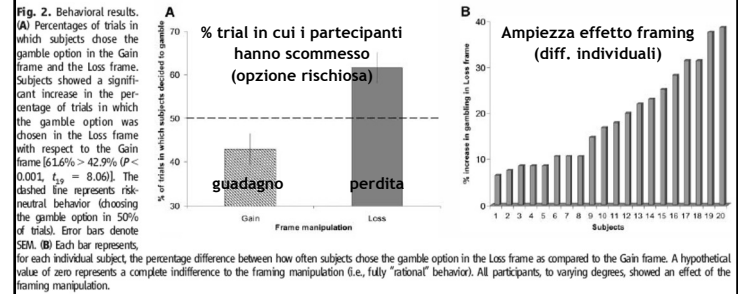
- Scelte compatibili con l'effetto *framing* associate ad una maggiore attività dell'amigdala (elabora l'informazione emotiva implicita nel contesto decisionale)



•43

### Le basi neurali dell'effetto *framing*

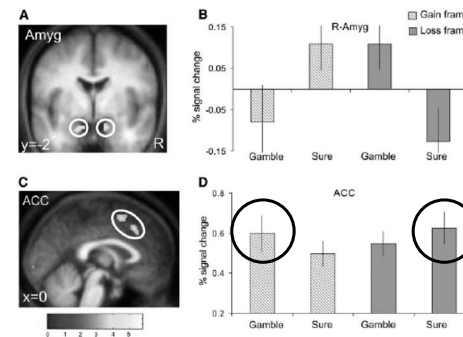
- I soggetti scelgono l'opzione sicura nel "frame guadagno" e la lotteria nel "frame perdita" (come previsto dalla teoria del prospetto e dalla teoria del doppio processo). Differenze individuali nell'effetto.



•42

### Le basi neurali dell'effetto *framing*

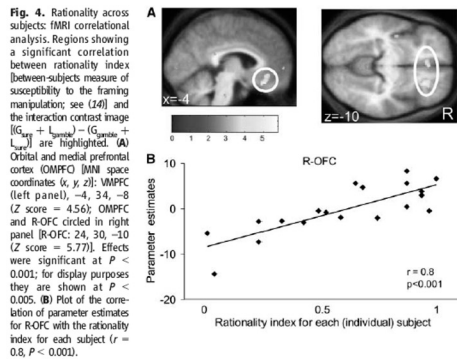
- Scelte in contrasto con l'effetto *framing* associate ad una maggiore attivazione della corteccia cingolata anteriore (ACC, conflitto tra risposta 'affettiva' intuitiva e tendenza contrapposta?)



•44

### Le basi neurali dell'effetto framing

- Le persone meno soggette all'effetto framing presentano una maggiore attività della corteccia prefrontale orbitale e mediale (controllo e/o integrazione delle valutazioni emotive) e ventromediale



•45

### Il cervello sociale

- Prospettiva neuro-economica alla cognizione sociale. Secondo la teoria dei giochi, gli individui tendono a raggiungere il miglior risultato possibile dati i vincoli esterni e il comportamento degli altri individui
- Ultimatum game:
  - due giocatori, proposer e receiver. Al proposer viene assegnata una somma di denaro e deve offrirne una quota al receiver. Se il receiver rifiuta, entrambi ricevono zero
  - equilibrio di Nash (la strategia più razionale che un giocatore può adottare, quando compete con un avversario anch'esso razionale): offrire somma minima (proposer), accettare sempre (receiver)
  - comportamento reale: rifiuto delle somme non eque (<20%)

•46

### Le basi neurali dell'Ultimatum Game

Esperimento di Sanfey e coll. (2003):

- 10\$ da dividere
- i soggetti partecipavano come receiver. Risonanza magnetica funzionale
- i soggetti rifiutano la maggioranza delle offerte non eque (sotto 20%)
- offerta non equa attiva l'insula, la corteccia cingolata anteriore e la corteccia dorsolaterale prefrontale, (aree coinvolte in emozione, detezione conflitto, cognizione)
- l'attivazione dell'insula (associata a processi emozionali) distingue però l'accettazione dal rifiuto dell'offerta non equa (maggiore attivazione se rifiuto)
- prevalere della reazione emozionale rispetto al mero calcolo monetario nel rifiuto delle offerte inique (reazione all'ingiustizia)

•47

### Le basi neurali dell'Ultimatum Game

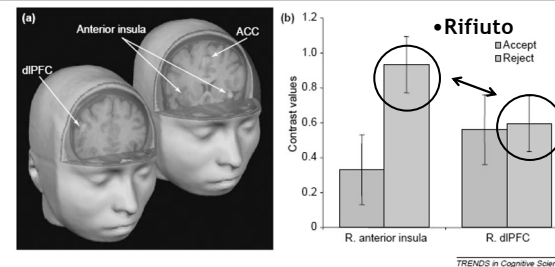


Figure 2. Deciding whether to accept or reject an unfair offer in the Ultimatum Game leads to conflict between emotional, "reject", and cognitive, "accept", systems. (a) Activation related to the presentation of an unfair offer from another human in the Ultimatum Game, showing activation of bilateral anterior insula and anterior cingulate cortex (ACC, right), and activation of right dorsolateral prefrontal cortex (dlPFC, left). Areas in orange showed greater activation following unfair as compared with fair offers ( $P < 0.001$ ). (b) Right anterior insula and right dlPFC activation for all unfair offer trials, categorized by subsequent acceptance or rejection. Trials in which the offer was subsequently rejected had significantly higher anterior insula activation than trials where the offer was subsequently accepted. Adapted from (89).

•48

## Le basi neurali dell'Ultimatum Game

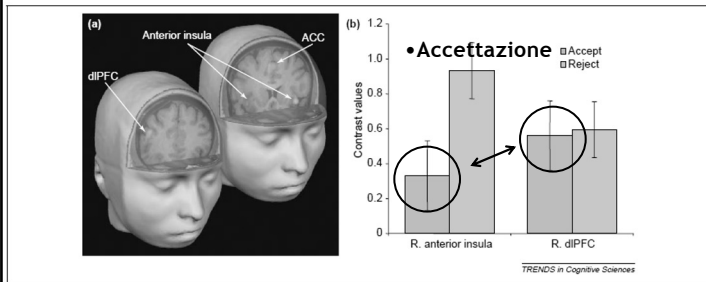


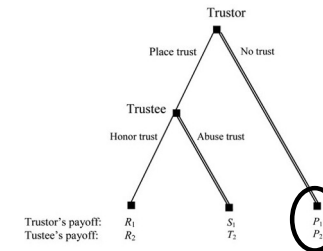
Figure 2. Deciding whether to accept or reject an unfair offer in the Ultimatum Game leads to conflict between emotional, 'reject', and cognitive, 'accept', systems. (a) Activation related to the presentation of an unfair offer from another human in the Ultimatum Game, showing activation of bilateral anterior insula and anterior cingulate cortex (ACC, right), and activation of right dorsolateral prefrontal cortex (dlPFC, left). Areas in orange showed greater activation following unfair as compared with fair offers ( $P < 0.001$ ). (b) Right anterior insula and right dlPFC activation for all unfair offer trials, categorized by subsequent acceptance or rejection. Trials in which the offer was subsequently rejected had significantly higher anterior insula activation than trials where the offer was subsequently accepted. Adapted from [89].

•49

## Le basi neurali della reputazione e della fiducia

### Gioco della fiducia (trust game):

- due giocatori
- se il primo non si fida del secondo, il gioco finisce con 10\$ per ciascuno

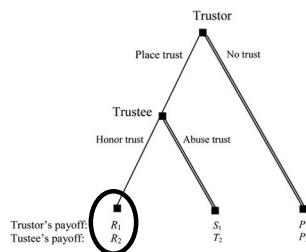


•50

## Le basi neurali della reputazione e della fiducia

### Gioco della fiducia (trust game):

- due giocatori
- se il primo non si fida del secondo, il gioco finisce con 10\$ per ciascuno
- se il primo si fida, il secondo può ricambiare la fiducia (20\$ per ciascuno)

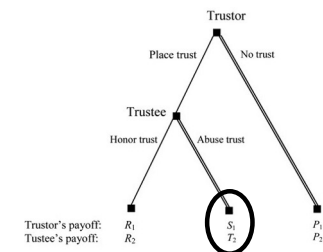


•51

## Le basi neurali della reputazione e della fiducia

### Gioco della fiducia (trust game):

- due giocatori
- se il primo non si fida del secondo, il gioco finisce con 10\$ per ciascuno
- se il primo si fida, il secondo può ricambiare la fiducia (20\$ per ciascuno) o 'defezionare' (40\$ per il secondo e niente per il primo)



•52

### Le basi neurali della reputazione e della fiducia

#### Gioco della fiducia (*trust game*):

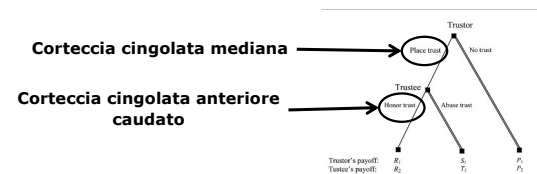
- due giocatori
- se il primo non si fida del secondo, il gioco finisce con 10\$ per ciascuno
- se il primo si fida, il secondo può ricambiare (20\$ per ciascuno) o defezionare (40\$ per il secondo e niente per il primo)
- equilibrio di Nash: il primo non deve dare fiducia, il secondo deve defezionare sempre
- comportamento reale: presenza di fiducia. quando il gioco viene ripetuto, si formano fenomeni di reputazione
- Comportamento spiegato in base all'idea di giustizia sociale (*fairness*), mantenuta anche grazie alle emozioni

•53

### Le basi neurali della reputazione e della fiducia

#### Gioco della fiducia (*trust game*):

- Esperimento di King-Casas et al. (2005): coppie di partecipanti dovevano prendere decisioni nel trust game ripetuto all'interno di una macchina fMRI
- Iperscanning: scansione dell'attività cerebrale di entrambi i partecipanti ed analisi dell'interazione tra i due
- correlati neurali dell'intenzione di dare fiducia e reciprocare: attivazione nella corteccia cingolata mediana nel primo giocatore e corteccia cingolata anteriore e caudato (striato dorsale) nel secondo giocatore



•54

### Scelte intertemporali

ORA → TRA UN MESE  
\$100 → \$120

•55

### Scelte intertemporali

TRA UN ANNO → TRA UN ANNO E UN MESE  
\$100 → \$120

•56

### Scelte intertemporali

ORA \$100	→	TRA UN MESE \$120
TRA UN ANNO \$100	→	TRA UN ANNO E UN MESE \$120

- Tendenza a scegliere l'opzione immediata nelle scelte 'vicine' e l'opzione differita nelle scelte 'lontane'
- Inoltre, ci sono differenze individuali nella tendenza a scegliere l'opzione immediata (legate anche al grado di impulsività)

•57

### Scelte intertemporali

ORA \$100	→	TRA UN MESE \$120
TRA UN ANNO \$100	→	TRA UN ANNO E UN MESE \$120

- Possibile competizione tra risposta 'emotiva' (che si focalizza sul vantaggio immediato e 'sconta' fortemente i vantaggi futuri) e risposta 'razionale'; possibilità suggerita da risultati di studi di neuroimmagine (McClure, 2004)

•58

### Scelte intertemporali

- Le scelte con ricompense 'immediate' sono solitamente precedute dall'attivazione dello striato ventrale e di aree prefrontali mediali (con innervazioni dopaminergiche) associate alla valutazione delle ricompense e del valore
- Le aree frontali e parietali solitamente coinvolte nell'elaborazione cognitiva sono più attive quando si sceglie l'opzione differita

•59

### Scelte intertemporali

TRENDIS in Cognitive Sciences

**Figure 3.** Beta and delta systems in intertemporal choice. When people choose between two rewards separated in time, two different brain systems are involved. (a) The first, termed the  $\beta$  system, responds preferentially to the presence of reward available in the immediate future. The  $\beta$  system comprises brain areas associated with the midbrain dopamine system and relatively automatic reward processing, including the ventral striatum (V.Str.) and medial prefrontal cortex (mPFC). (b) The second system, the  $\delta$  system, comprises brain areas implicated in cognition, including the dorsolateral prefrontal cortex (dlPFC) and right posterior parietal cortex (R.Par.). (c) When intertemporal choices involve deciding between an immediate and delayed reward, choice tends to reflect the relative activity in the  $\beta$  and  $\delta$  systems. When people select the later, larger reward, activity tends to predominate in the  $\delta$  system. Adapted from [24].

•60

### Teorie del doppio processo (e base rate neglect)

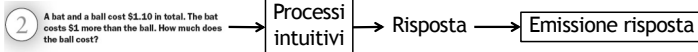
- Due differenti sistemi cognitivi, due diversi processi (o insiemi di processi), o due stili decisionali?
- Relazione/interazione tra processi:
  - Prima i processi intuitivi e poi (eventualmente) quelli analitici?
  - Operano contemporaneamente in parallelo?
  - Selezione precoce del tipo di processo (ad es. legata all'importanza del compito o alla pressione temporale)?
- Decisioni analitiche: sembrano essere legate a memoria di lavoro e processi di controllo (ma quali? diversi per diversi compiti?)
- Decisioni intuitive: quali sono i processi sottostanti? (apprendimento implicito? apprendimento associativo? legame con le emozioni?)

•61

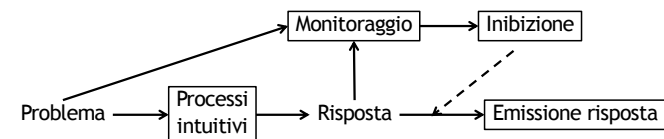
- Approccio *default-interventionist* (e.g., Kahneman, 2002; Kahneman & Frederick, 2002, 2005; Stanovich, 1999):
  - Processi intuitivi per default. Inibizione se detezione conflitto tra risposta intuitiva ed elementi del problema (o se dubbi sulla risposta intuitiva)



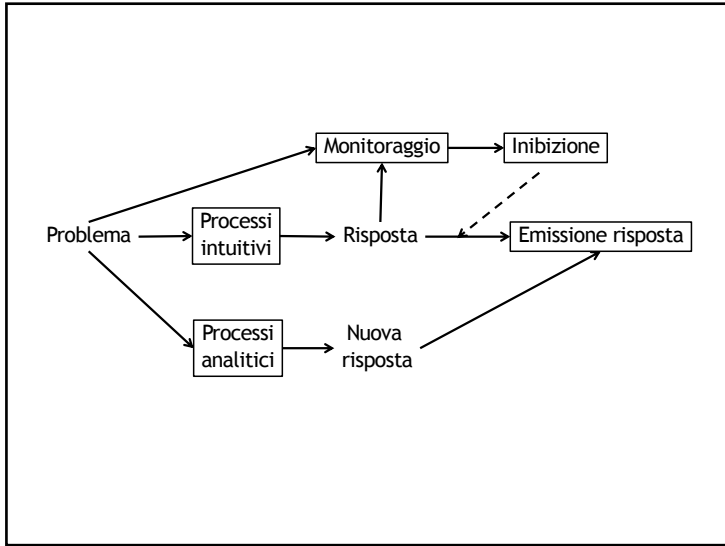
•62



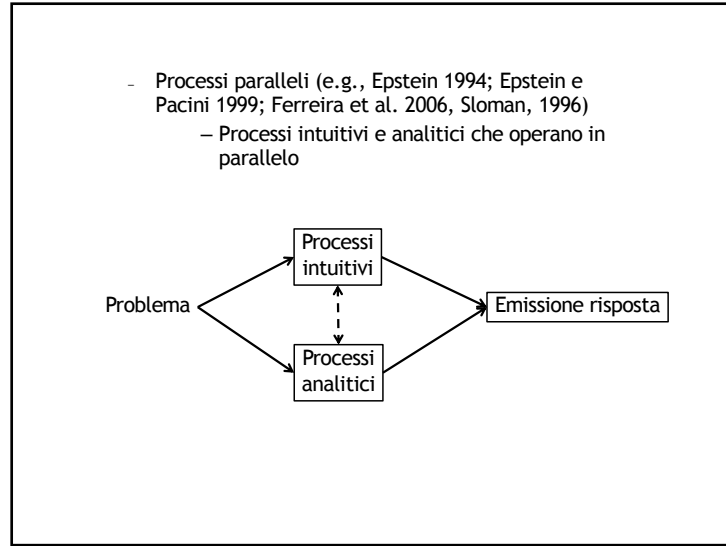
•63



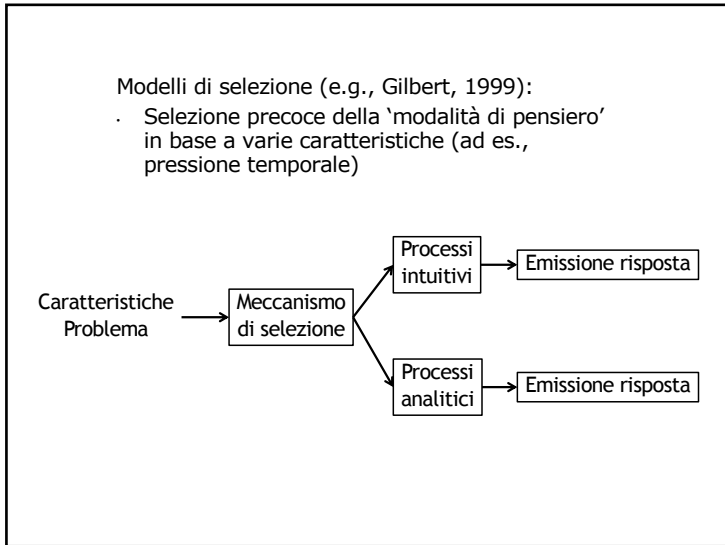
•64



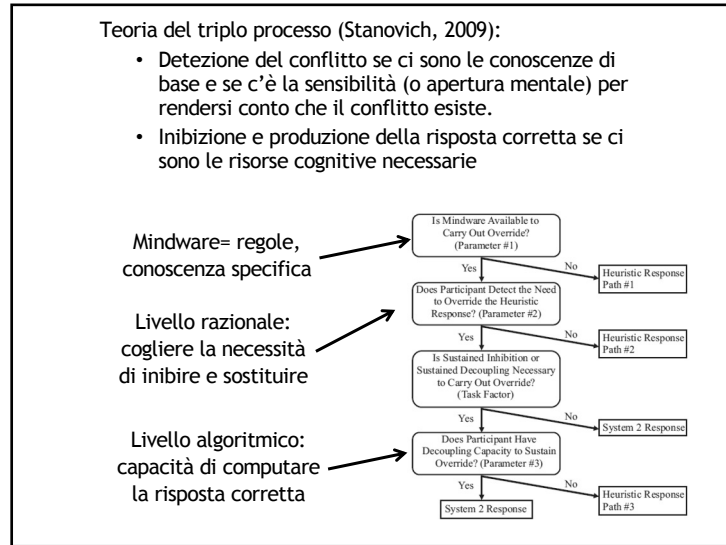
•65



•66



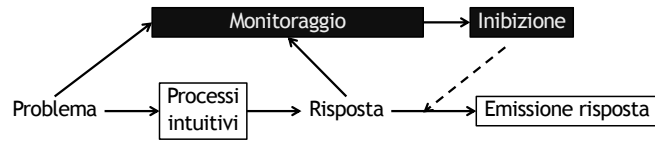
•67



•68

Monitoraggio 'continuo' e superficiale (e.g., De Neys & Glumicic, 2008; ; Franssens & De Neys, 2009).

- Il problema non è la detezione del conflitto, ma la capacità di inibire la risposta sbagliata
- Possono esserci delle 'intuizioni' (ad es. probabilistiche o logiche) corrette che confliggono con tendenze di risposta sbagliate, anch'esse intuitive



•70

De Neys (2012)

"... despite the widespread bias and logical errors, people at least implicitly detect that their heuristic response conflicts with traditional normative considerations. I propose that this conflict sensitivity calls for the postulation of logical and probabilistic knowledge that is intuitive and that is activated automatically when people engage in a reasoning task."

•71

34 De Neys

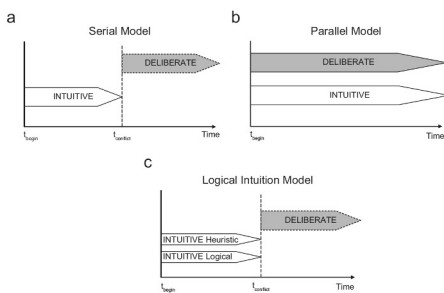


Fig. 1. Three different theoretical models of the relation between the intuitive and deliberate system. Deliberate processing is represented by gray bars and intuitive processing by white bars. The horizontal axis represents the time flow in the serial model (A), the deliberate system is only activated after a conflict ( $t_{conflict}$ ) with the intuitive system. In the parallel model (B), the intuitive and deliberate system are both activated from the start. In the logical intuition model (C), deliberate processing is triggered by conflict ( $t_{conflict}$ ) between intuitive heuristic and intuitive logical processing. The dashed lines represent the optional nature of the triggered deliberate processing in the serial and logical intuition model.

•72

Bias and Conflict

29

Box 1. Illustrations of Some of the Most Popular "Fruit Flies" Tasks in the Reasoning and Decision-Making Field

A. Classic "Conflict" versions B. Control "No conflict" versions

Conjunction fallacy task: Conjunction fallacy task:

Bill is 34. He is intelligent, punctual but unimaginative and somewhat lifeless. In school he was strong in mathematics but weak in social studies and humanities. Bill is 34. He is intelligent, punctual but unimaginative and somewhat lifeless. In school he was strong in mathematics but weak in social studies and humanities.

Which one of the following statements is most likely? Which one of the following statements is most likely?

a. Bill plays in a rock band for a hobby" a. Bill is an accountant" b. Bill is an accountant and plays in a rock band for a hobby

Base-rate neglect task: Base-rate neglect task:

A psychologist wrote thumbnail descriptions of a sample of 1000 participants consisting of 995 females and 5 males. The description below was chosen at random from the 1,000 available descriptions. A psychologist wrote thumbnail descriptions of a sample of 1,000 participants consisting of 995 males and 5 females. The description below was chosen at random from the 1,000 available descriptions.

Jo is 23 years old and is finishing a degree in engineering. On Friday nights, Jo likes to go out cruising with friends while listening to loud music and drinking beer. Jo is 23 years old and is finishing a degree in engineering. On Friday nights, Jo likes to go out cruising with friends while listening to loud music and drinking beer.

Which one of the following two statements is most likely? Which one of the following two statements is most likely?

a. Jo is a man" b. Jo is a woman" a. Jo is a man" b. Jo is a woman"

Syllogistic reasoning task: Syllogistic reasoning task:

Premises: All vehicles have wheels Boats are vehicles Premises: All vehicles have wheels Bikes are vehicles

Conclusion: Boats have wheels a. The conclusion follows logically" b. The conclusion does not follow logically" Conclusion: Bikes have wheels a. The conclusion follows logically" b. The conclusion does not follow logically"

Note: The left panel (A) shows the classic versions and the right panel (B) shows the newly constructed control versions. The classic versions cue a heuristic response that conflicts with the correct logical response (i.e., the responses considered correct according to standard logic or probability theory principles). In the control versions, small content transformations guarantee that the cued heuristic response is consistent with the logical response. \* = logical response, \*\* = heuristic response

•72

## De Neys (2012)

“... the studies use a wide range of processing measures to examine whether people are sensitive to violations of the traditional logical and probabilistic normative principles. That is, when people give the heuristic answer to the classic problems, do they really totally disregard these principles or do they show some basic sensitivity to the fact that their answer is inconsistent with them?”

•73

Bias and Conflict 29

**Box 1. Illustrations of Some of the Most Popular "Fruit Flies" Tasks in the Reasoning and Decision-Making Field**

A. Classic "Conflict" versions	B. Control "No conflict" versions
<p><b>Conjunction fallacy task:</b> Bill is 34. He is intelligent, punctual but unimaginative and somewhat lifeless. In school, he was strong in mathematics but weak in social studies and humanities. Which one of the following statements is most likely? a. Bill plays in a rock band for a hobby? b. Bill is an accountant and plays in a rock band for a hobby?</p> <p><b>Base-rate neglect task:</b> A psychologist wrote thumbnail descriptions of a sample of 1,000 participants consisting of 995 females and 5 males. The description below was chosen at random from the 1,000 available descriptions. Jo is 23 years old and is finishing a degree in engineering. On Friday nights, Jo likes to go out cruising with friends while listening to loud music and drinking beer. Which one of the following two statements is most likely? a. Jo is a man? b. Jo is a woman?</p> <p><b>Syllogistic reasoning task:</b> Premises: All vehicles have wheels. Boats are vehicles. Conclusion: Boats have wheels. a. The conclusion follows logically* b. The conclusion does not follow logically*</p>	<p><b>Conjunction fallacy task:</b> Bill is 34. He is intelligent, punctual but unimaginative and somewhat lifeless. In school, he was strong in mathematics but weak in social studies and humanities. Which one of the following statements is most likely? a. Bill is an accountant? b. Bill is an accountant and plays in a rock band for a hobby?</p> <p><b>Base-rate neglect task:</b> A psychologist wrote thumbnail descriptions of a sample of 1,000 participants consisting of 995 males and 5 females. The description below was chosen at random from the 1,000 available descriptions. Jo is 23 years old and is finishing a degree in engineering. On Friday nights, Jo likes to go out cruising with friends while listening to loud music and drinking beer. Which one of the following two statements is most likely? a. Jo is a man? b. Jo is a woman?</p> <p><b>Syllogistic reasoning task:</b> Premises: All vehicles have wheels. Bikes are vehicles. Conclusion: Bikes have wheels. a. The conclusion follows logically* b. The conclusion does not follow logically*</p>

Note: The left panel (A) shows the classic versions and the right panel (B) shows the newly constructed control versions. The classic versions use a heuristic response that conflicts with the correct logical response (i.e., the response considered correct according to standard logic or probability theory principles). In the control versions, small context transformations guarantee that the used heuristic response is consistent with the logical response. \* = logical response, • = heuristic response

Se no conflict

- Maggiore accuratezza
- Minori RT
- Maggiore sicurezza

•74

## Movimenti oculari

Tendenza accresciuta nei problemi CONFLICT a ri-guardare il paragrafo con le informazioni sulle probabilità di base dopo aver letto il profilo personale (De Neys & Glumicic, 2008)

Un successivo test di recupero a sorpresa ha mostrato che l'accresciuta ispezione delle probabilità di base è seguita da un miglior ricordo dell'informazione sulle probabilità di base nei problemi CONFLITTO (vs. NO CONFLITTO)

•A psychologist wrote thumbnail descriptions of a sample of 1,000 participants consisting of 995 females and 5 males. The description below was chosen at random from the 1,000 available descriptions.

•Jo is 23 years old and is finishing a degree in engineering. On Friday nights, Jo likes to go out cruising with friends while listening to loud music and drinking beer.

•Which one of the following two statements is most likely?

•Jo is a man      •Jo is a woman

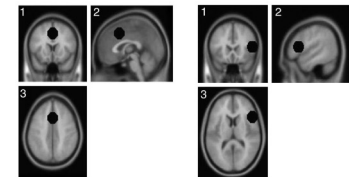
•75

## fMRI e conduttanza

Impiego della fMRI per monitorare l'attivazione di aree cerebrali specifiche (De Neys et al., 2008):

- anterior cingulate cortex (ACC), per la detezione del conflitto durante il ragionamento
- corteccia prefrontale laterale destra per l'inibizione della risposta

Corteccia cingolata anteriore (ACC)      Corteccia prefrontale laterale destra



Problemi base-rate CONFLICT e NO CONFLICT.

ACC molto più attivata durante la soluzione dei problemi CONFLICT (vs. NO CONFLICT), ma ciò che discrimina le risposte corrette da quelle scorrette nei problemi CONFLICT non è ACC ma l'attivazione prefrontale laterale

Conduttanza cutanea per monitorare l'attivazione del sistema nervoso autonomo durante la soluzione di sillogismi conflittuali vs. non conflittuali (De Neys et al., 2010). La risoluzione dei problemi conflittuali è associata a uno spike elettrodermico

•76

## De Neys (2012) - attivazione automatica conoscenza 'intuitiva' logico/probabilistica

"... I propose that the crucial normative considerations are activated automatically. Indeed, the idea is that people master the normative principles and that this knowledge is brought in a heightened activation state when faced with the reasoning problem. In other words, I suggest that in addition to the well-established heuristic response, the classic tasks also automatically evoke an intuitive logical response. The key point is that this activation is effortless and does not require any demanding or elaborate analytic thinking."

•77

## Carico cognitivo

Partecipanti che svolgono problemi base-rate CONFLICT e NO CONFLICT mentre le loro risorse cognitive sono ridotte da un compito mnestico concorrente (Franssens & De Neys, 2009).

Il carico cognitivo incide negativamente solo sulla prestazione nei problemi CONFLICT (l'inibizione richiede risorse esecutive)

Nel ricordo a sorpresa delle probabilità di base però il carico non ha impatto sul ricordo a sorpresa delle probabilità di base nei problemi CONFLICT (attivazione automatica della conoscenza che serve a cogliere conflitti?)

## Differenze individuali

La soluzione dei problemi CONFLICT è più accurata nelle persone con maggiori capacità cognitive e di controllo cognitivo

Gli indici di detezione del conflitto nei problemi CONFLICT si rilevano però in tutti i partecipanti, anche quelli con i punteggi più bassi (e.g., De Neys & Verschueren, 2006)

•78

## Protocolli verbali

Quando i partecipanti eseguivano il *thinking aloud* mentre risolvevano i problemi base rate CONFLICT, raramente facevano riferimento a base rate (De Neys & Glumicic, 2008)

I partecipanti ci mettono più tempo a risolvere i problemi CONFLICT, fanno più fissazioni sull'informazione relativa a base rate, mostrano più attivazione ACC e del sistema autonomo, hanno minore fiducia nella risposta, ma NON dicono esplicitamente che le probabilità di base sono rilevanti

Natura implicita della conoscenza logica/probabilistica attivata nella detezione dei conflitti → 'sensazione' che c'è qualcosa che non va

Importanza del confronto tra metodi di tracciamento 'subtle' e verbalizzazione esplicita

W. De Neys, T. Glumicic / *Cognition* 106 (2008) 1244–1299 1259

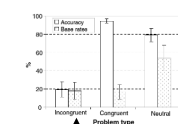


Fig. 1. Mean proportion correct responses and explicit base rate mentioning in verbal protocols. Error bars are standard errors.

•79

## Situazioni mal strutturate

Problemi definiti in modo generale, in cui non è data la soluzione né la procedura di soluzione, spesso esistono più soluzioni che possono variare in qualità ... è necessario strutturarli (generare opzioni, criteri, aspettative, possibili esiti e conseguenze)

Problema mal strutturato	Problema ben strutturato
[adattato da Channon & Crawford, 1999]	<b>Possibili Opzioni</b>
Antonio ha dei nuovi vicini che, alcuni giorni fa, si sono trasferiti nell'appartamento sopra il suo. Sono persone carine, ma possiedono dei cani e li tengono nella cucina, che è esattamente sopra la stanza da letto di Antonio. Durante tutte le notti trascorse da quando sono arrivati, i cani hanno saltato e abbaiato. Antonio non ha potuto dormire. Ha parlato con i vicini e, sebbene siano stati molto ragionevoli, gli hanno detto che non hanno un altro posto nel quale tenere i cani. Che cosa potrebbe fare Antonio per risolvere questo problema?	<b>Possibili Attributi</b>

•80

### Quantità della generazione delle opzioni

Generate poche opzioni tra quelle possibili, alcune categorie di soluzione non considerate (Del Missier et al., 2014; Gettys et al., 1987; Klein et al., 1995)

Questo accade anche negli esperti (e.g., Klein et al., 1995; Mehle, 1982)

Accade anche con tempo lungo e incentivi su quantità e qualità opzioni generate (Gettys et al., 1987)

Sovrastima della capacità di generazione (Gettys et al., 1987; Mehle, 1982)

•81

### Qualità della generazione delle opzioni

I partecipanti sono in genere in grado di produrre almeno alcune opzioni di buona qualità (e.g., Gettys et al., 1987; Klein et al., 1982), se hanno qualche conoscenza del dominio

Un certo numero di opzioni di qualità elevata non viene individuato (e.g., Gettys et al., 1987; Manning et al., 1980; Mehle, 1982)

Qualità media negativamente correlata alla fluenza (e.g., Del Missier et al., 2015; Johnson & Raab, 2003)

Correlazione positiva tra fluenza e qualità della *migliore* opzione generata (e.g., Del Missier et al., 2015)

•82

### Processi coinvolti

Recupero associativo: recupero guidato delle soluzioni dalla memoria; i suggerimenti per il recupero sono gli elementi del problema e i processi di controllo orientano la ricerca in memoria e ne monitorano gli esiti (e.g., Gettys & Fisher, 1979; Thomas, Dougherty, Sprenger & Harbison, 2008)

Spiegazioni ideative: la generazione di soluzioni è basata anche su processi di ragionamento e ricerca strategica più complessi, finalizzati alla produzione di idee; ad esempio: ragionamento analogico, ricombinazione soluzioni già generate, focalizzazione strategica dell'attenzione su diversi aspetti del problema, cambiamento intenzionale di prospettiva, ecc. (e.g., Del Missier et al., 2015; Keeney, 1999; Keller & Ho, 1988)

•83

### Basi neurali

Goel ha studiato le basi neurali dei processi di generazione di soluzioni preliminari nei problemi della vita reale

- Studi di neuroimmagine svolti su semplici problemi (Goel & Vartanian, 2005; Vartanian & Goel, 2005)
- Ruolo della corteccia prefrontale ventrolaterale destra (BA47)

Deficit selettivi nella generazione di soluzioni in gruppi di pazienti frontali e in alcune popolazioni cliniche (e.g., Channon, 2004; Goel et al., 2013):

- lobo frontale anteriore (deficit fluenza)
- spettro autistico (deficit appropriatezza sociale soluzioni)

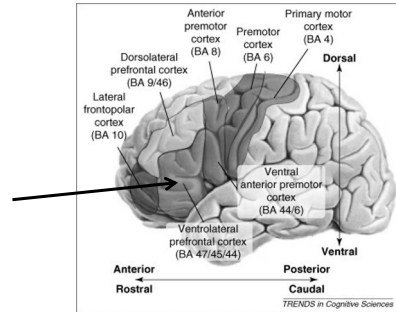
Indicazioni ancora non del tutto coerenti sulla localizzazione dei processi coinvolti (e.g., Channon, 2004; Channon & Crawford, 1999; Goel et al., 2013; Kaiser et al., 2013), forse anche a causa dell'eterogeneità degli scenari e dei metodi di generazione impiegati

•84

## Basi neurali

### Generazione opzioni/ipotesi preliminari:

Ruolo della corteccia prefrontale ventrolaterale destra (BA47) ?



•85

## Sintesi

Con studi di caso e neuroimmagine funzionale si sono ottenute alcune indicazioni sul possibile ruolo di diverse aree cerebrali in differenti componenti dei processi decisionali:

- **Corteccia prefrontale dorsolaterale e alcune aree della corteccia parietale posteriore e inferiore:**
  - elaborazione cognitiva nella decisione e controllo cognitivo
- **Corteccia prefrontale laterale destra**
  - Inibizione risposte 'impulsive'
- **Corteccia cingolata anteriore:**
  - detezione del conflitto nella decisione

•86

## Sintesi

- **Corteccia prefrontale ventrolaterale destra:**
  - Generazione opzioni in problemi mal strutturati
- **Corteccia prefrontale ventromediale:**
  - possibile ruolo nello sviluppo dei marcatori somatici
- **Corteccia orbitofrontale e mediale:**
  - rimpianto e anticipazione del rimpianto
  - modulazione top-down delle emozioni
- **Amigdala e insula**
  - elaborazione dell'informazione emotiva nella scelta
- **Striato e putamen**
  - elaborazione del valore atteso
- **Striato e talamo**
  - elaborazione del rischio

•87

## Sintesi

- In realtà, non tutti gli studi forniscono indicazioni univoche sulle localizzazioni
- Inoltre, dal momento che varie strutture solitamente interagiscono nello svolgimento di diversi compiti complessi, distinguere il loro ruolo non è semplice
- In conclusione, anche se ci sono indicazioni importanti sul ruolo di alcune aree, manca ancora un quadro complessivo del tutto certo sulle basi neurali dei processi decisionali che valga per diversi tipi di compiti

•88

#### Implicazioni cliniche

Deficit nell'abilità di decidere potrebbero derivare da lesioni in varie aree del cervello:

- Lesioni alle aree deputate all'elaborazione cognitiva e al controllo esecutivo (ad es. DLPFC, aree parietali, corteccia frontopolare) potrebbero ostacolare la capacità di decidere in situazioni nuove o ridurre la capacità di prendere decisioni complesse che richiedano manipolazione e integrazione dell'informazione e applicazione di regole o procedure non familiari
- Lesioni alle aree deputate alla regolazione emotiva (OCF, aree prefrontali mediali) potrebbero ostacolare tale capacità o l'utilizzo del rimpianto nelle scelte
- Lesioni prefrontali ventromediali potrebbero disturbare la capacità di sviluppare segnali anticipatori

•89

#### Implicazioni cliniche

Deficit nell'abilità di decidere potrebbero derivare da lesioni in varie aree del cervello:

- Lesioni nelle aree legate all'elaborazione emotiva e del valore (insula, amigdala, gangli della base) potrebbero prevenire una corretta valutazione emotiva del valore degli stimoli
- Lesioni alle aree deputate alla detezione del conflitto (ACC) e alla sua risoluzione tramite inibizione (corteccia prefrontale laterale) potrebbero alterare la capacità di detezione del conflitto e quella di inibire risposte impulsive scorrette
- Lesioni ad aree prefrontali ventrolaterali (presumibilmente lateralizzate a destra) potrebbero anche nuocere alla capacità di generare opzioni e ipotesi in problemi mal strutturati

•90