

Neuropsicologia della coscienza

Giuliano Carlo Geminiani
Dipartimento di Psicologia
Universita' degli Studi di Torino

Molteplicità della coscienza in neuropsicologia

- I dati principali che emergono dagli studi neuropsicologici sulla coscienza sono:
 - vi sono più flussi di coscienza (Split-brain)
 - vi sono comportamenti di cui non siamo coscienti (blindsight) e comportamenti mancati di cui non siamo coscienti (anosognosia)
 - almeno due categorie di disturbi della coscienza: cognitivo e metacognitivo

Interhemispheric relationships: the neocortical commissures; syndromes of hemisphere disconnection

R. W. SPERRY, M. S. GAZZANIGA* and J. E. BOGEN**

California Institute of Technology, Pasadena, Calif.

Sindrome dello split-brain

- Sostanziale quasi-normalità nella vita quotidiana:
 - difficoltà di concentrazione
 - ridotta tendenza a parlare del proprio stato emotivo
 - talora lievi difficoltà di memoria (codifica)
 - talora sindrome della mano aliena (sinistra) fino al conflitto intermanuale
- Evidenze di comportamenti alterati con presentazione unilaterale di stimoli tattili, visivi (presentazioni tachistoscopiche), uditivi (ascolto dicotico) e con l'esecuzione di gesti con la mano sinistra su comando verbale

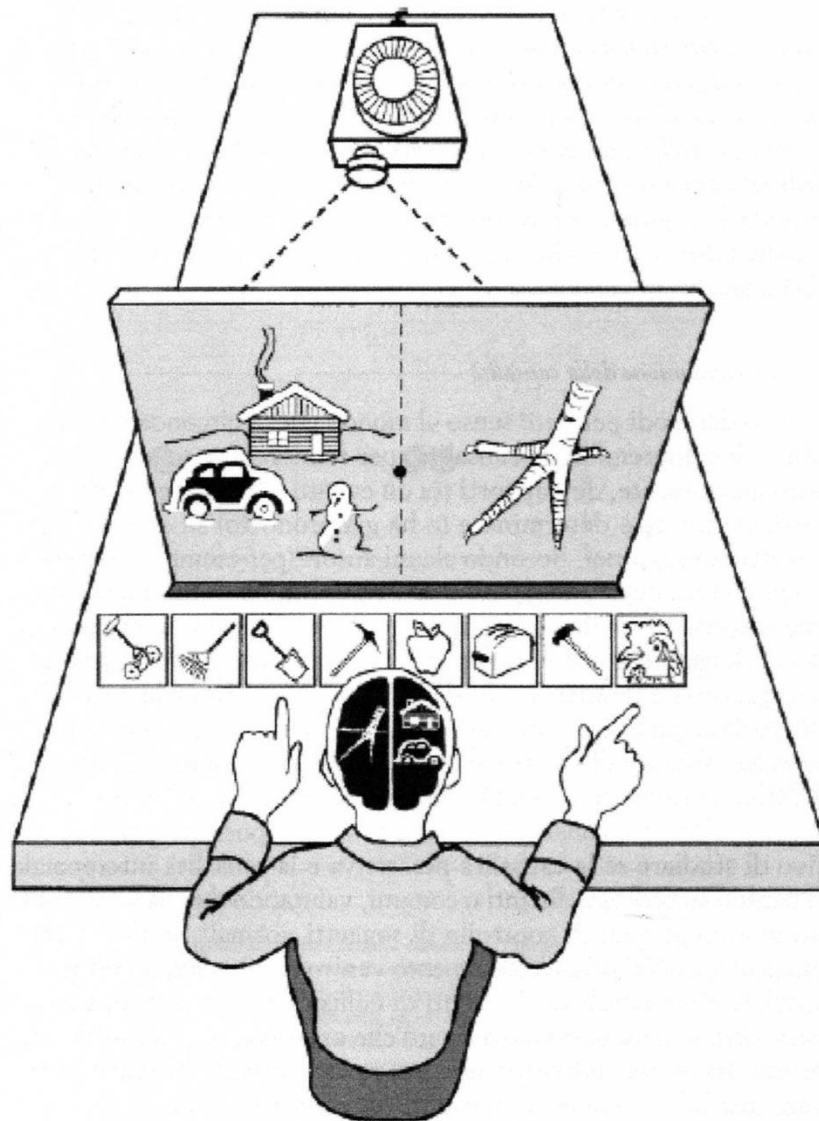
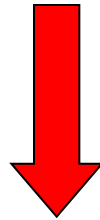


Figura 2

Il paziente P.S. confabula sulle scelte effettuate dalla mano sinistra quando vengono presentate delle figure bilateralmente. La mano destra seleziona una gallina per abbinarla alla zampa vista dall'emisfero sinistro, ma P.S. dice che la pala scelta dalla mano sinistra è necessaria per pulire il pollaio. L'emisfero sinistro, non ha nessuna consapevolezza del fatto che l'emisfero destro ha visto la scena con la neve. Da Gazzaniga e LeDoux 1978.

Duplici flusso di coscienza nello split-brain

- Sindrome della *mano aliena*: “la mia mano sinistra ha fatto questo”
- Paziente split-brain con competenze linguistiche bilaterali: risposte verbali diverse da parte dei due emisferi
- Conflitto interemisferico in condizioni sperimentali



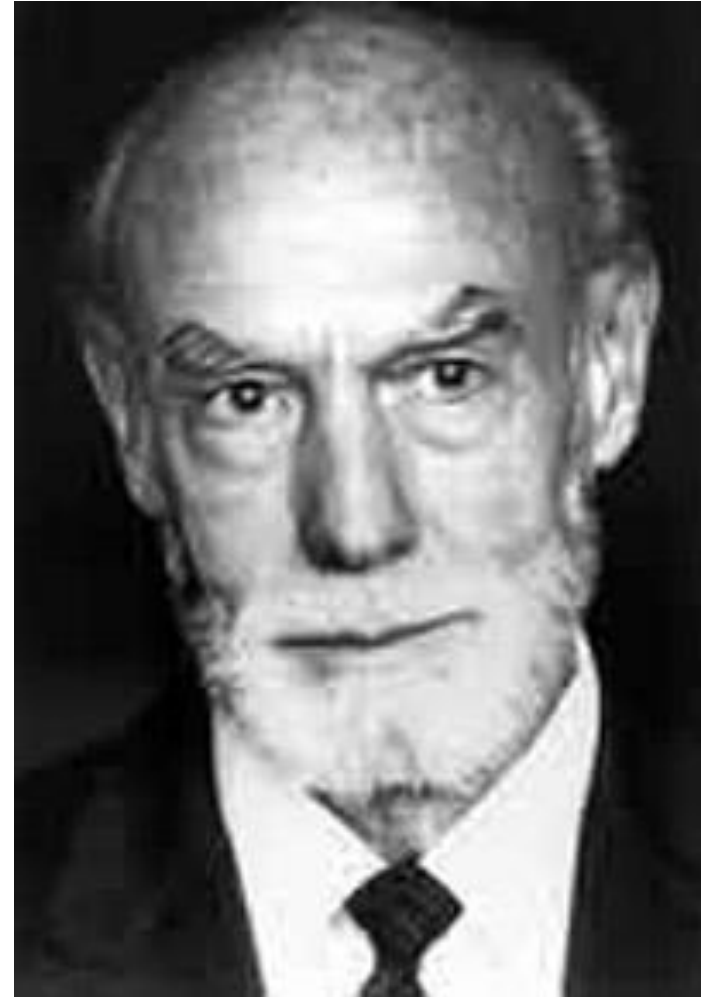
confabulazioni o report soggettivo fenomenologico?

Mind-brain interaction: mentalism, yes; dualism, no

Roger Sperry (1980)

(Premio Nobel per la Medicina 1981)

- Due emisferi => due menti separate che lavorano in parallelo e comunicano tra loro attraverso il corpo calloso: « ...both the left and the right hemisphere may be conscious simultaneously in different, even in mutually conflicting, mental experiences that run along in parallel».
- I processi coscienti che emergono dal funzionamento del cervello hanno, a loro volta, un'azione causativa sui processi cerebrali: cio' garantisce il libero arbitrio.
 - *Science and moral priority: merging mind, brain and human values*. R.W. Sperry. Vol. 4 of *Convergence*, (Ser. ed. Ruth Anshen) New York: Columbia University Press (1982).



Interpretazione dello split-brain

- Nello split-brain mancando la comunicazione tra i due emisferi, se si interroga l'emisfero sinistro (attraverso il linguaggio) sul perché di un comportamento, tale emisfero fa ipotesi cercando di dare senso dati a sua disposizione, producendo "apparenti" confabulazioni.
- L'interprete del cervello sinistro è quello che tutti usano per cercare di spiegarsi ciò che accade, filtrare le informazioni in entrata e costruire narrazioni che aiutano a dar senso al mondo (Gazzaniga).
- L'emisfero destro normalmente ha consapevolezza delle proprie attività cognitive e formula ipotesi causali in relazione ai comportamenti prodotti, informando quindi l'emisfero sinistro: emisfero destro come "controllore" del comportamento per conto dell'emisfero sinistro (Baynes & Gazzaniga, 2000).

La consapevolezza visiva

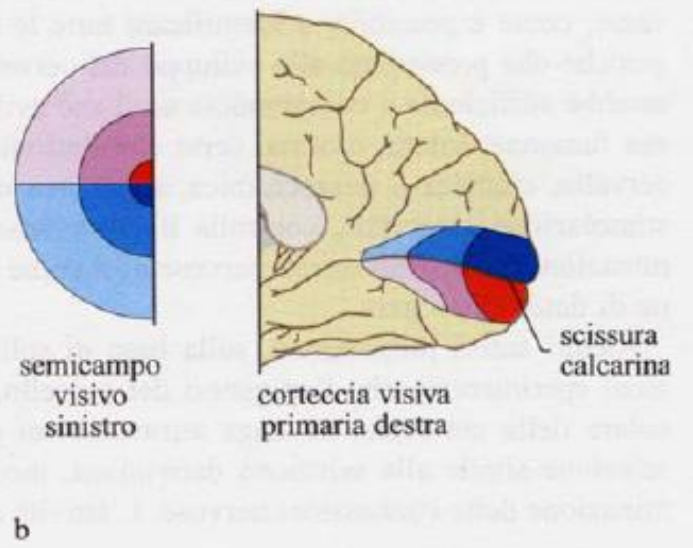
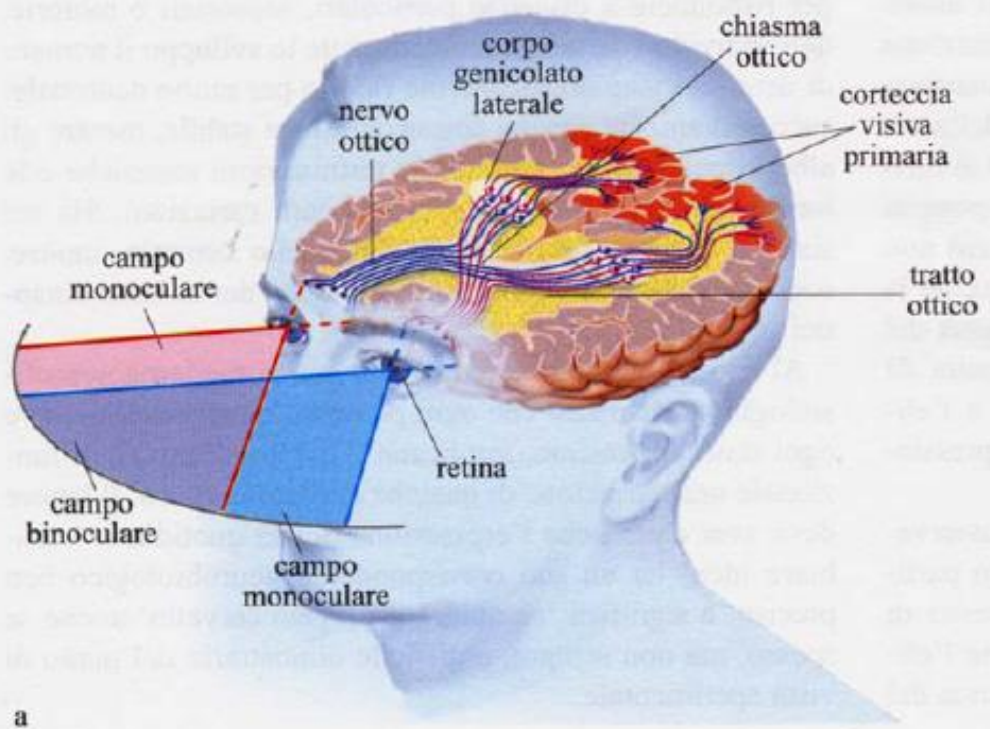
- Seneca, Lettere a Lucilio, 50, 1-4

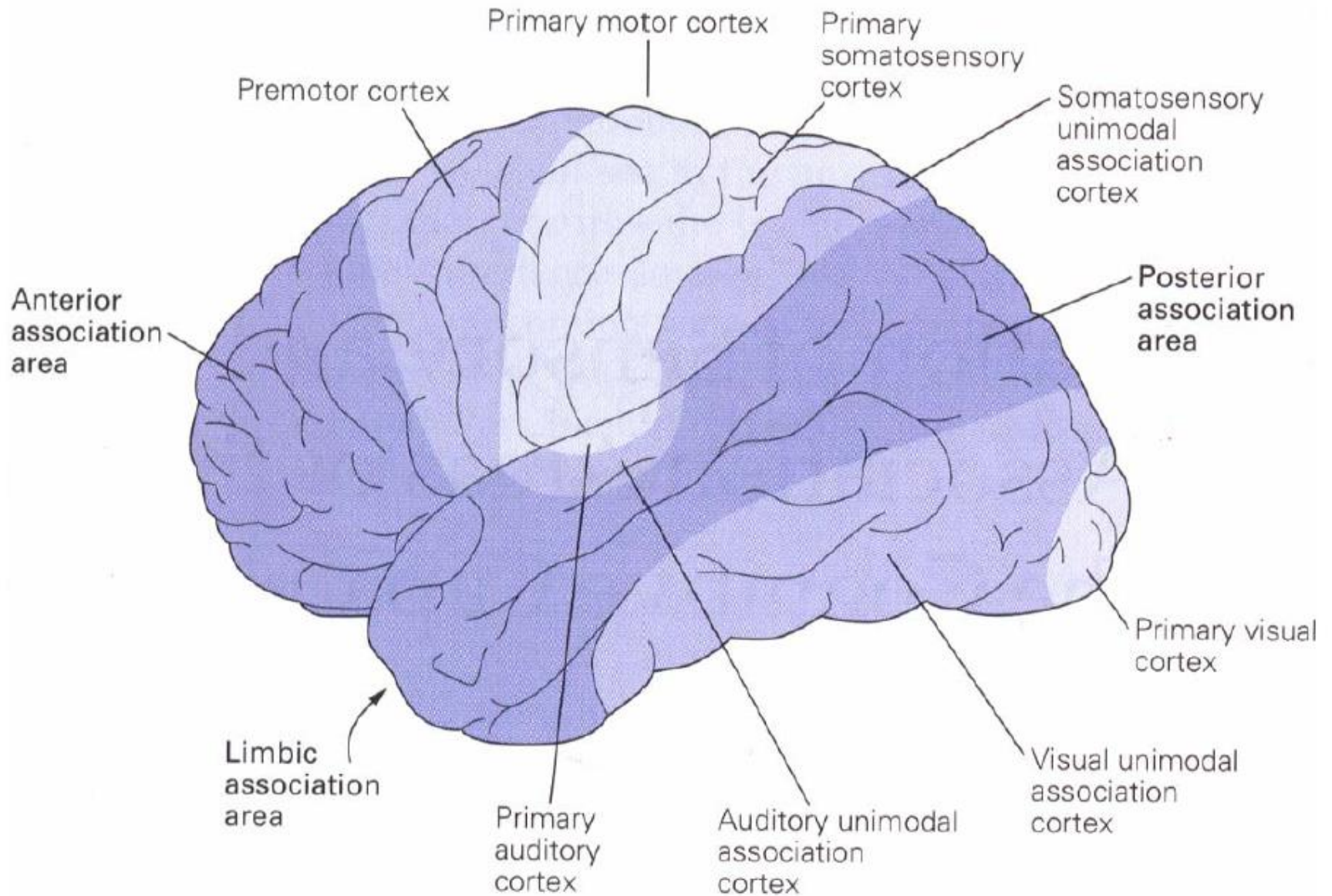
... E, infatti, che altro fai se non renderti ogni giorno migliore, eliminare qualcuno dei tuoi errori, capire che i vizi che ritieni siano nelle cose, sono in realtà in te? Alcuni li imputiamo ai luoghi e alle circostanze; ma essi ci seguiranno dovunque andremo.

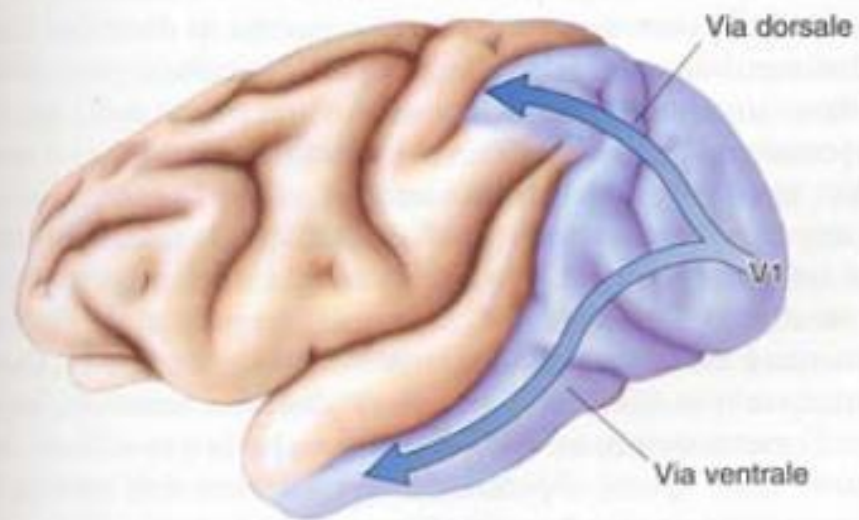
Arpaste, quella povera matta, ... di colpo ha perso la vista. Ti racconto un fatto incredibile, ma vero: non sa di essere cieca; chiede continuamente al suo accompagnatore di condurla via, dice che la casa è buia.

Ti sia chiaro che accade a tutti noi quello che in lei ci fa ridere: nessuno si rende conto di essere avaro, nessuno di essere avido. I ciechi, però chiedono una guida, noi andiamo errando senza guida e diciamo: "Io non sono ambizioso, ma nessuno può vivere diversamente a Roma; non sono uno spendaccione, ma è proprio la città a richiedere grandi spese; non è colpa mia se sono collerico, se non ho ancora stabilito una precisa condotta di vita: è colpa della giovane età".

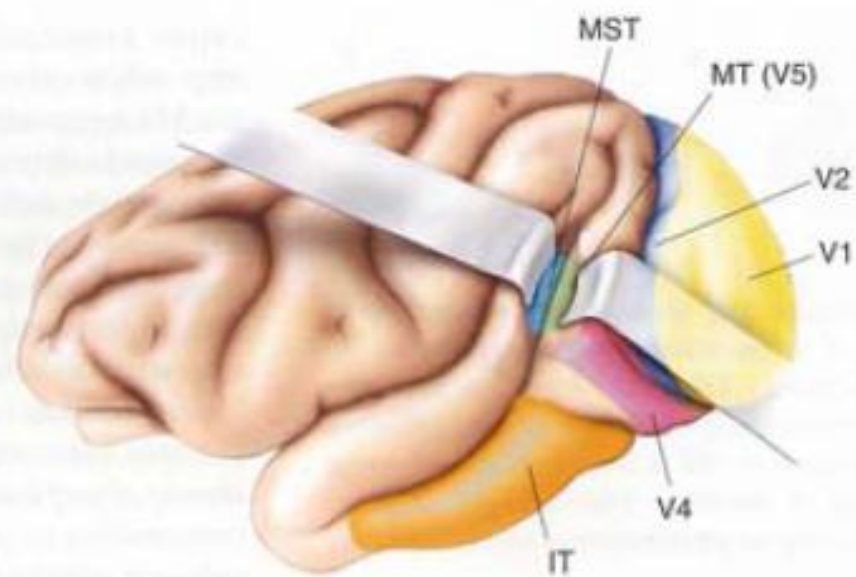
Perché vogliamo ingannarci? Non viene dall'esterno il nostro male: è dentro di noi, sta nelle nostre stesse viscere e, perciò difficilmente possiamo guarire: ignoriamo di essere malati.



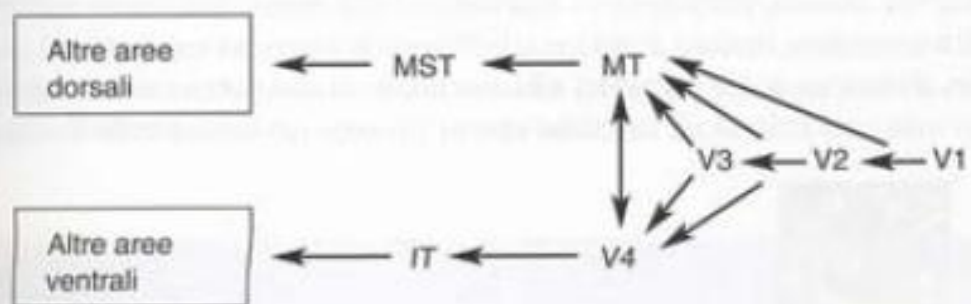




(a)



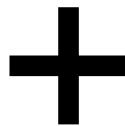
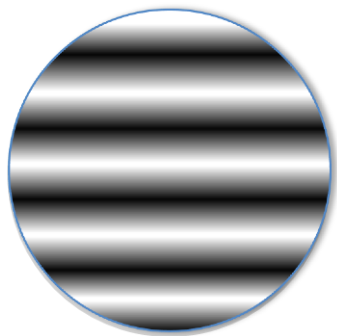
(b)





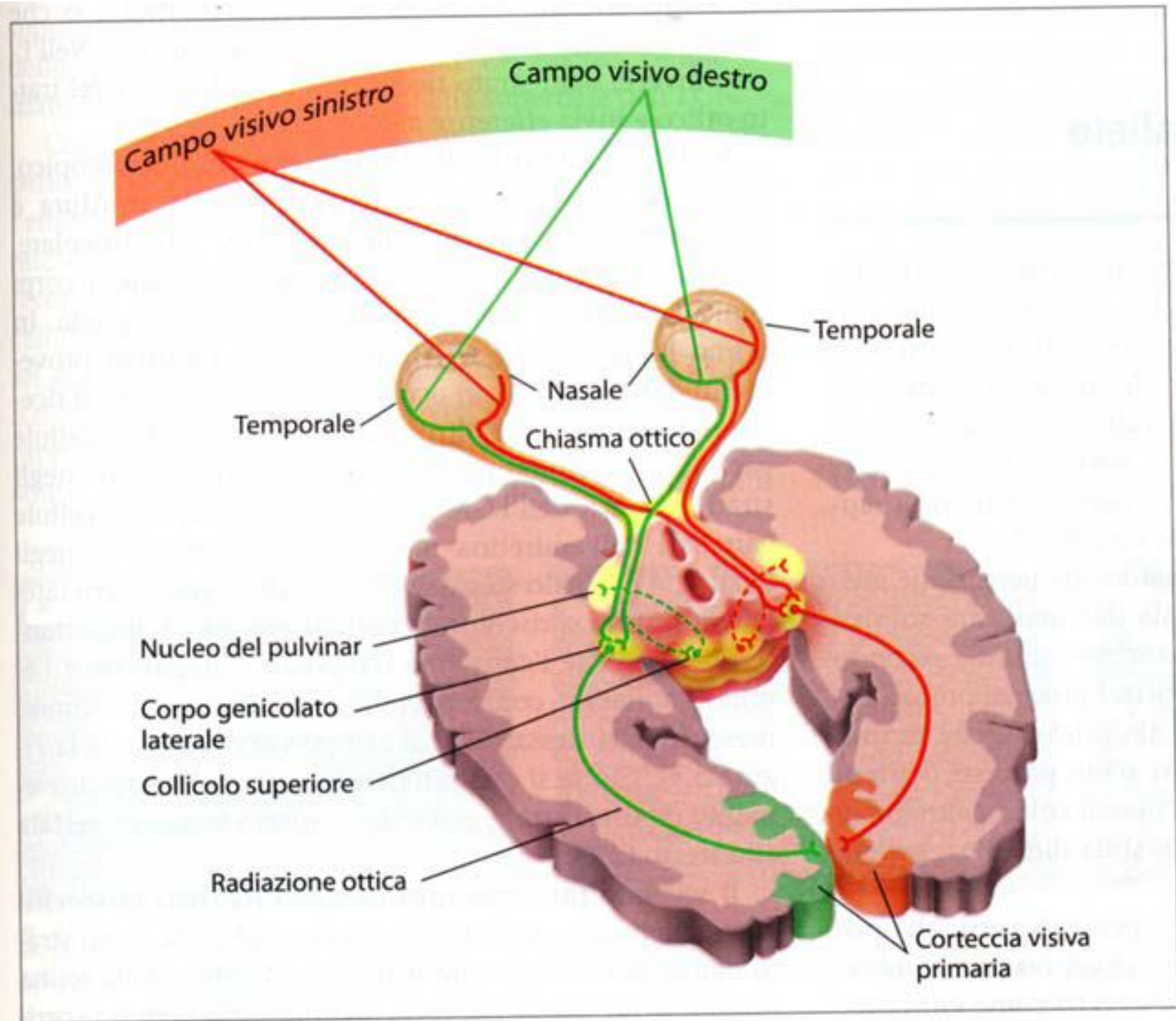
Percezione e coscienza: la blindsight

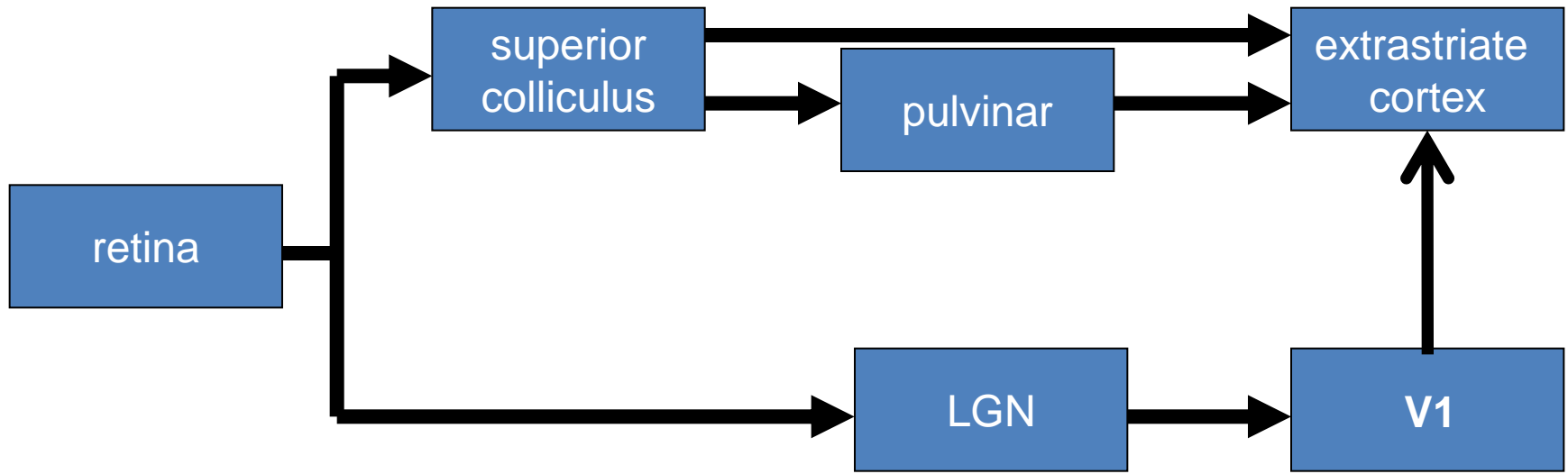
- Una lesione della corteccia visiva primaria V1 (o delle vie ottiche sottostanti) determina una zona cieca nel campo visivo (scotoma), accompagnata tuttavia da possibilità' di elaborazioni non consapevoli di stimoli visivi
 - Aspetto fenomenico: soggettiva cecita'
 - Percezione (elaborazione degli stimoli visivi) non consapevole evidenziabile attraverso metodi
 - Diretti => risposta forzata (movimento oculare o indicazione)
 - Indiretti => effetto prime: un lampo di luce nello scotoma anticipa uno stimolo nel campo visivo intatto cui il soggetto deve rispondere => riduzione dei tempi di reazione



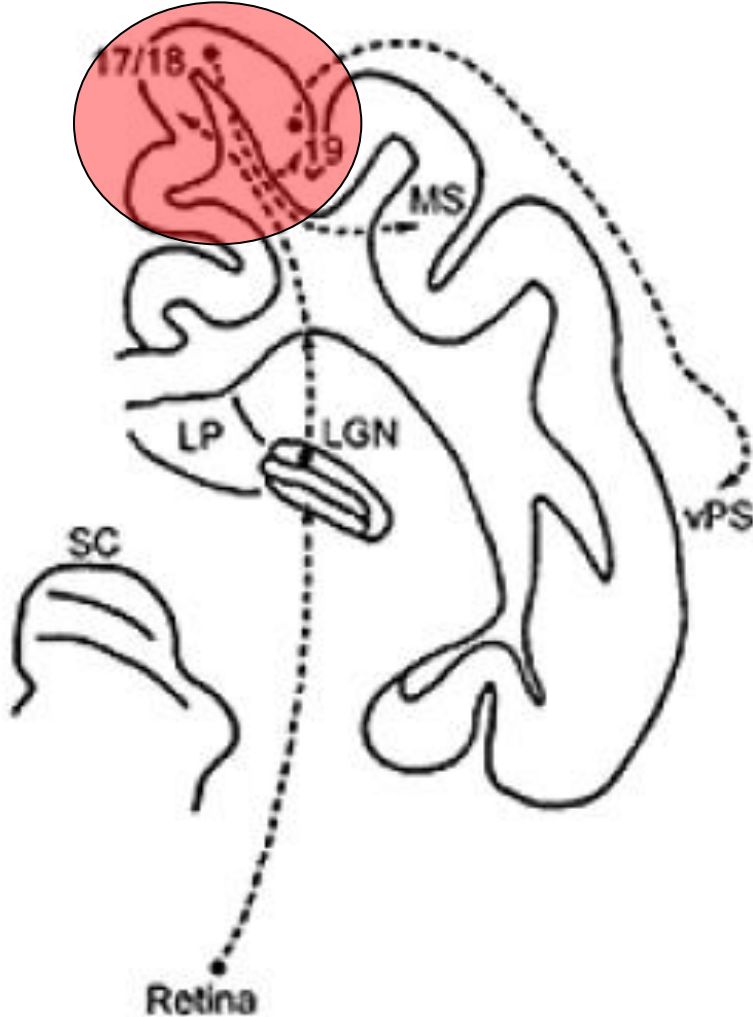
Spiegazioni

- Elaborazioni parziali sottosoglia da parte di residui di corteccia funzionante
- Elaborazioni visive sottocorticali:
 - via retino-collicolo-extrastriata
 - Localizzazione spaziale degli stimoli
 - Presenza/assenza di stimoli luminosi
 - Discriminazione di orientamento di stimoli lineari
 - Discriminazione di stimoli di diversa lunghezza d'onda

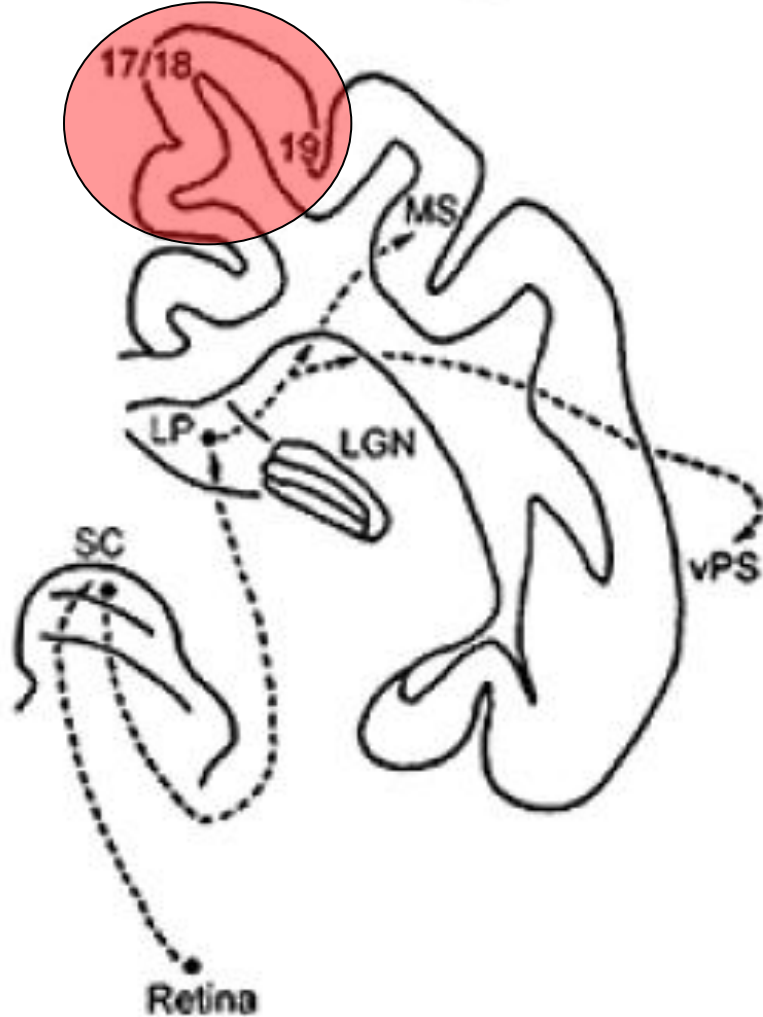




A) Geniculate Pathway



B) Midbrain Pathway



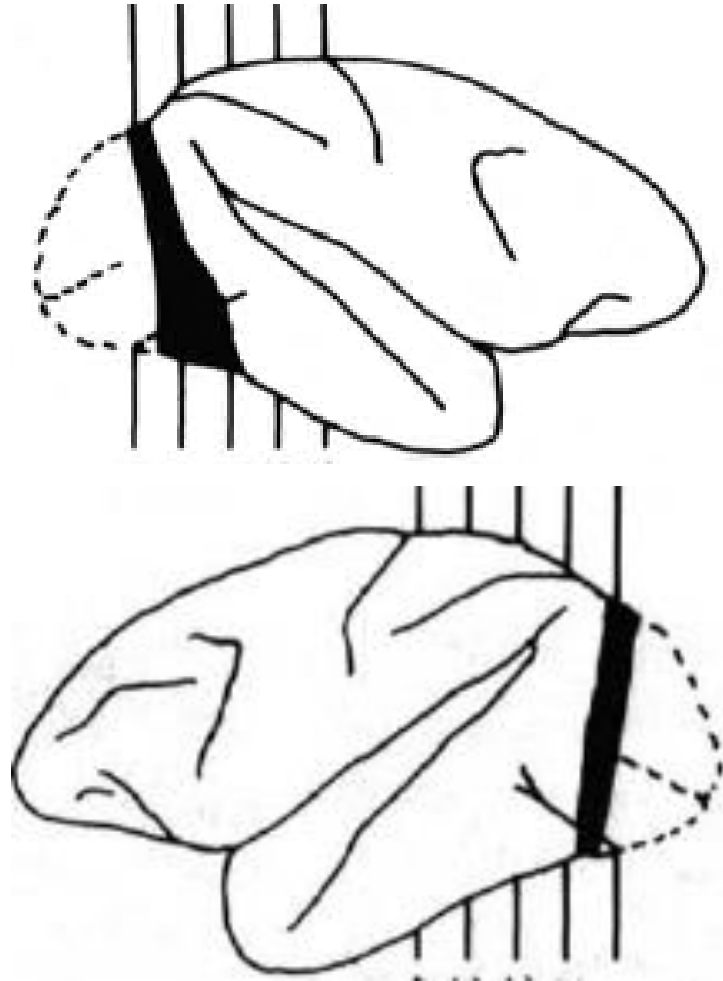
Limiti adattivi della blindsight

- Non e' possibile una vera elaborazione semantica degli stimoli
- Non innescano comportamenti motori intenzionali

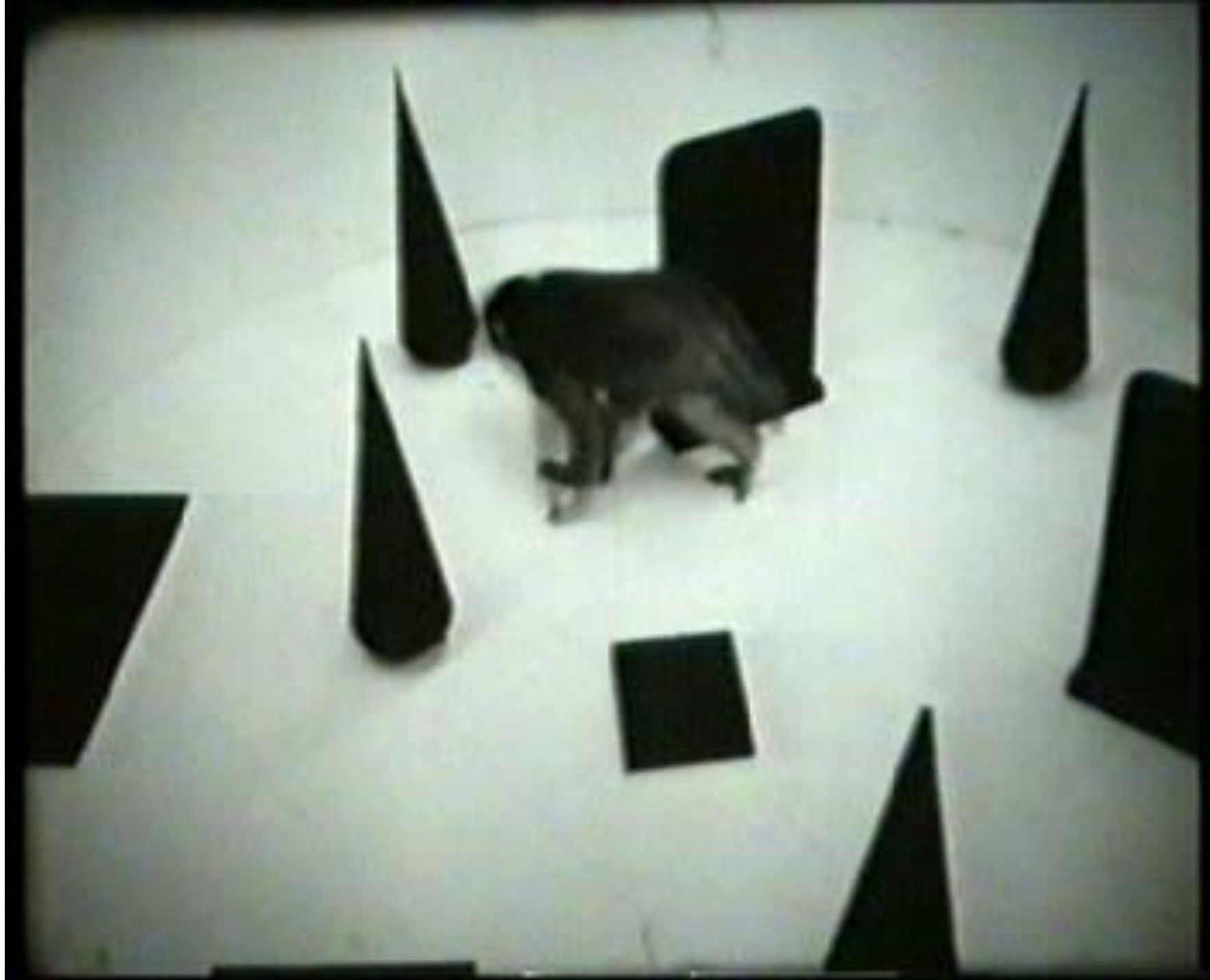


- L'elaborazione visiva non consapevole non sembra essere adattivamente efficace
 - ... ma nelle scimmie SI' => Helen

Lesione bilaterale in Helen



(Humphrey, 1974)



Adattivita' della blindsight ?

- Comportamenti adattivi nella blindsight sono possibili nella specie umana?

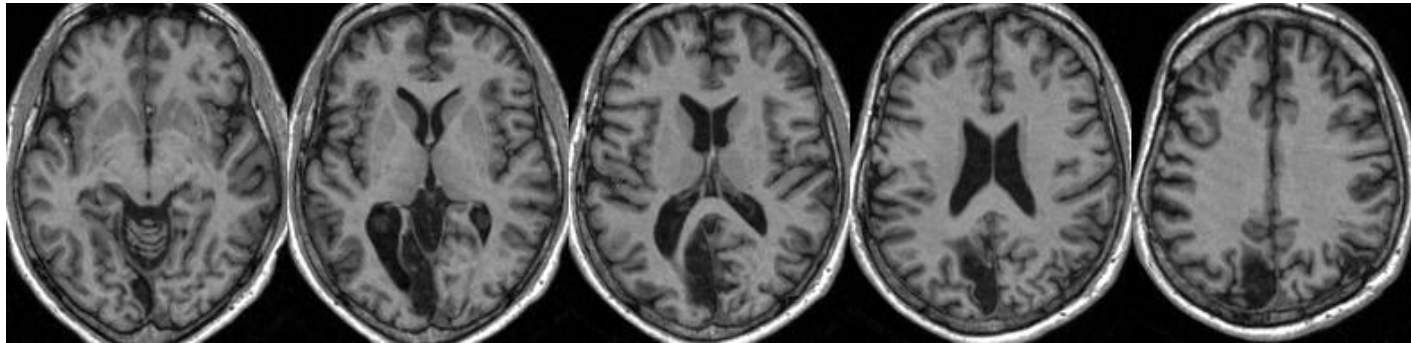
SI' => caso TN: blind walking man (de Gelder et al, 2009)

- la coscienza e' un epifenomeno?

NO => sebbene il soggetto con blindsight elabori le informazioni visive utili per una efficace locomozione, in assenza di consapevolezza non viene autogenerato un comportamanto locomotorio intenzionale

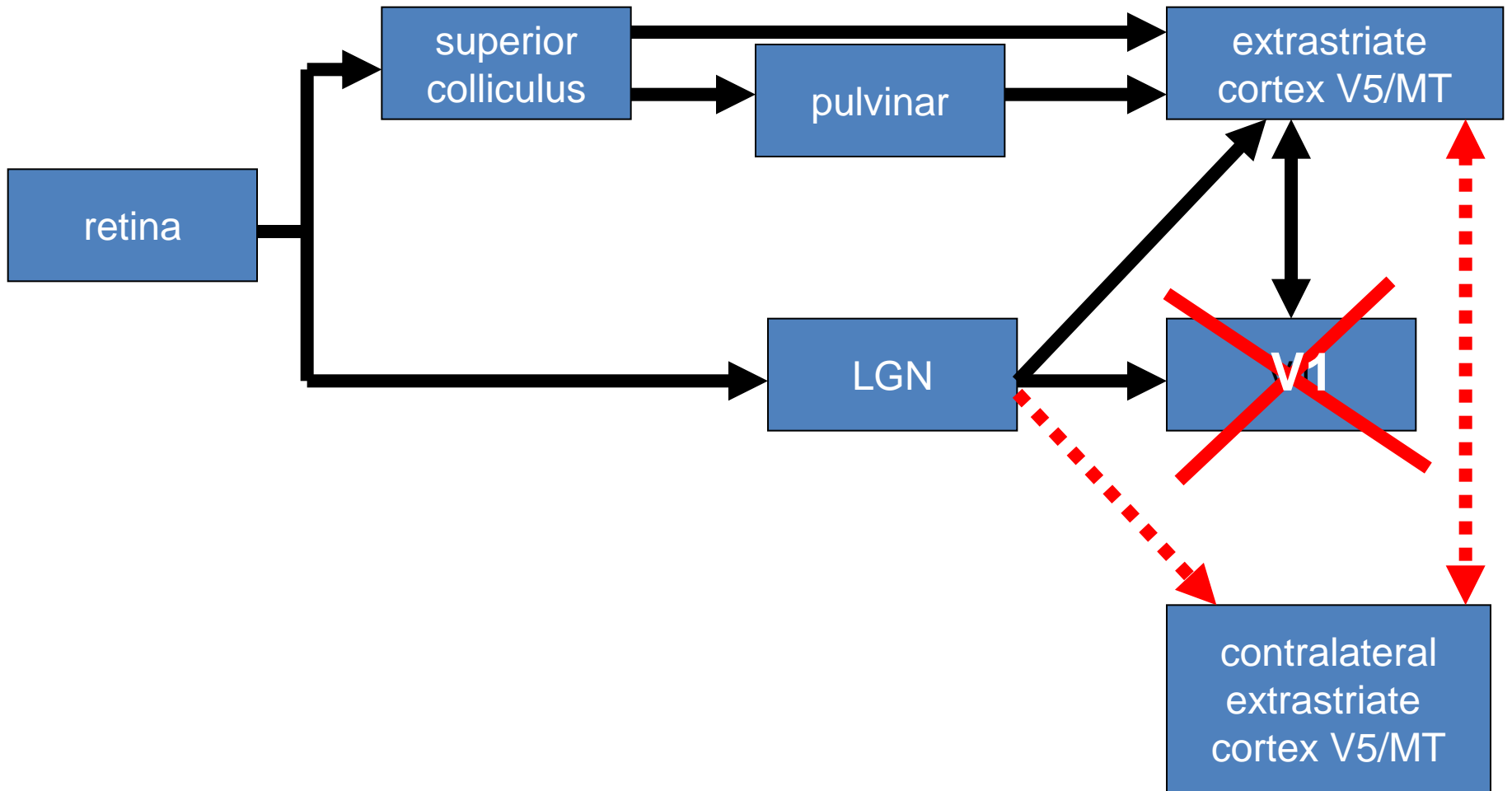
GY

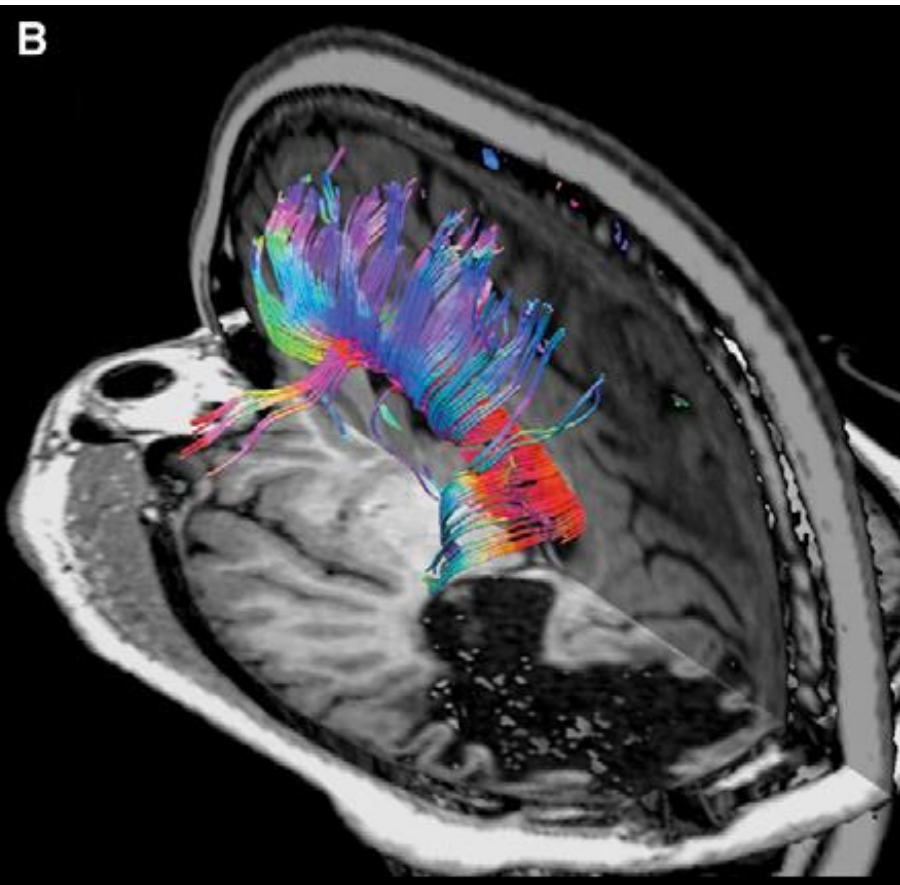
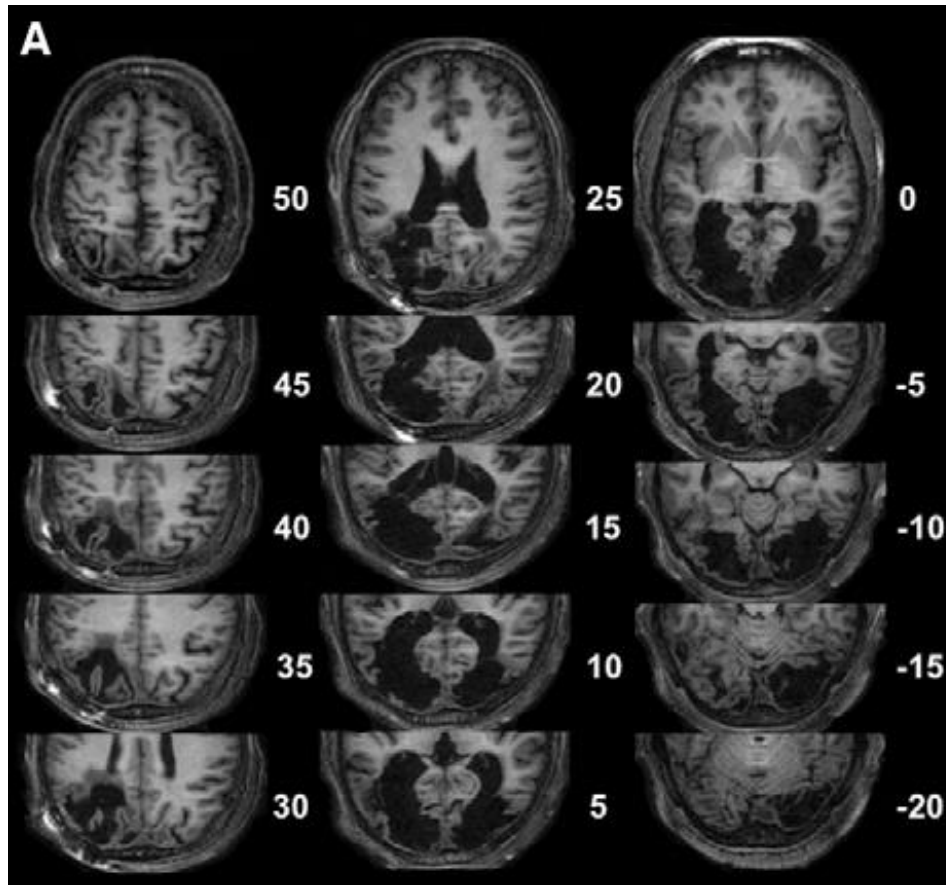
- Trauma cranico a 8 anni con lesione occipitale sinistra con minimo risparmio del polo occipitale (emianopsia destra con visione maculare conservata)



- Blindsight nelle regioni cieche del campo visivo

GY





GY e il “sesto senso”

- Dopo diversi anni, in certe condizioni (dopo ripetute stimolazioni), sensazione consapevole che qualcosa sta succedendo nello scotoma:
 - stimoli in movimento rapido (vel. $20^{\circ}/\text{sec}$. angolo visivo): blindsight tipo 2
 - sensazione consapevole (consapevolezza senza visione fenomenica)
 - discriminazione con scelta forzata della direzione di movimento
 - stimoli in movimento lento (vel. $3^{\circ}/\text{sec}$. angolo visivo): blindsight tipo 1
 - NO sensazione consapevole
 - discriminazione con scelta forzata della direzione di movimento

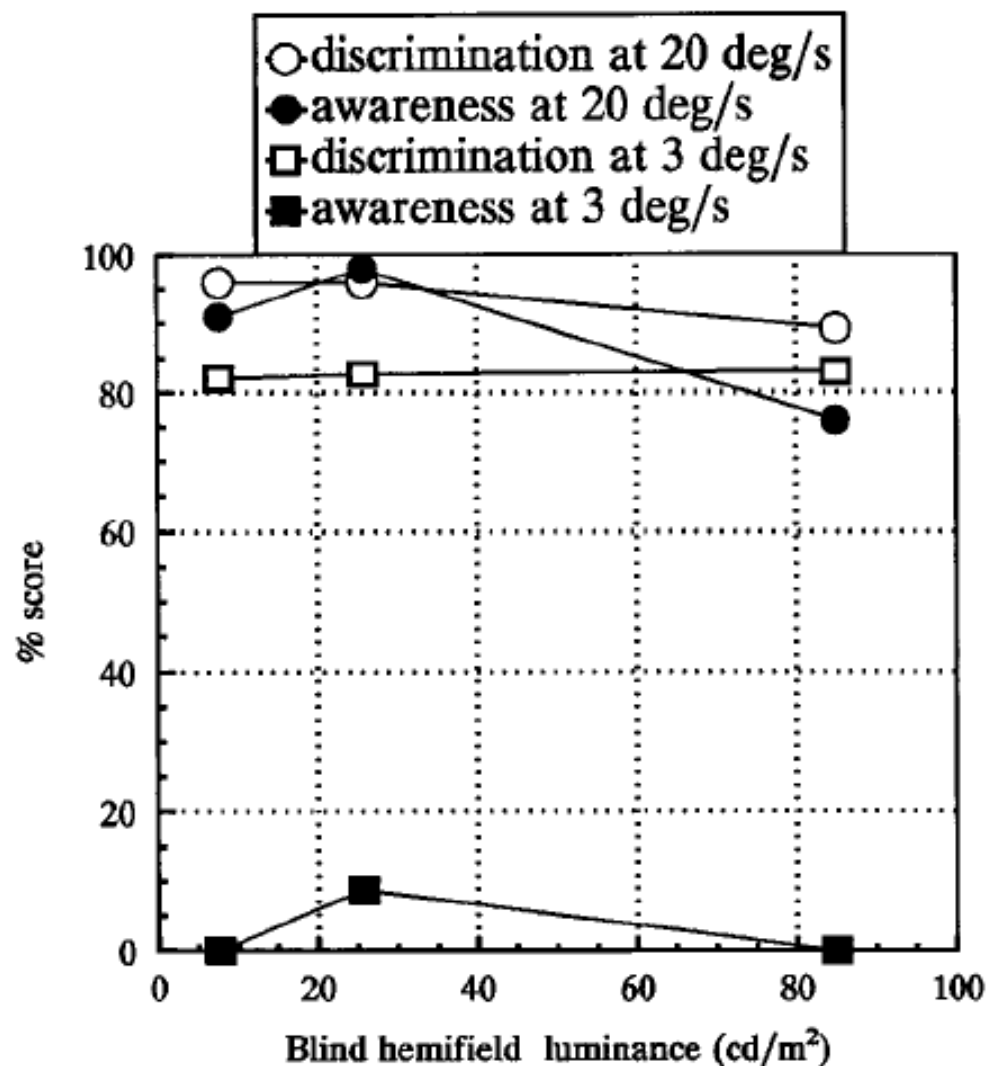


FIG. 1. Reported awareness and correct discrimination of direction of horizontal movement, away or toward the vertical meridian for two speeds as a function of background luminance. Measurements were obtained using a forced response paradigm. At slow speed, subject had a little or no awareness of the stimulus presentations. The discrimination scores, however, remain well above chance for all conditions shown.

Due coscienze

- coscienza fenomenica (P-consciousness): sensazione consapevole
 - e' presente nella Blindsight 2 e assente nella Blindsight di tipo 1
- coscienza come accesso all'informazione (A-consciousness): capacita' di riferire il contenuto dell'esperienza mentale nei processi di pensiero (processi percettivi visivi)
 - e' assente nella Blindsight di tipo 1 e di tipo 2

Studio fMRI della visione di stimoli in movimento in GY

	visione normale	blindsight tipo 2 (con sensazione)	blindsight tipo 1
BA 18-19	+*	+ *	+
BA 46R	+	+	-
FEF	+	-	-
Collicoli superiori	-	-	+

*anche nell'emisfero ipsilaterale al campo visivo cieco



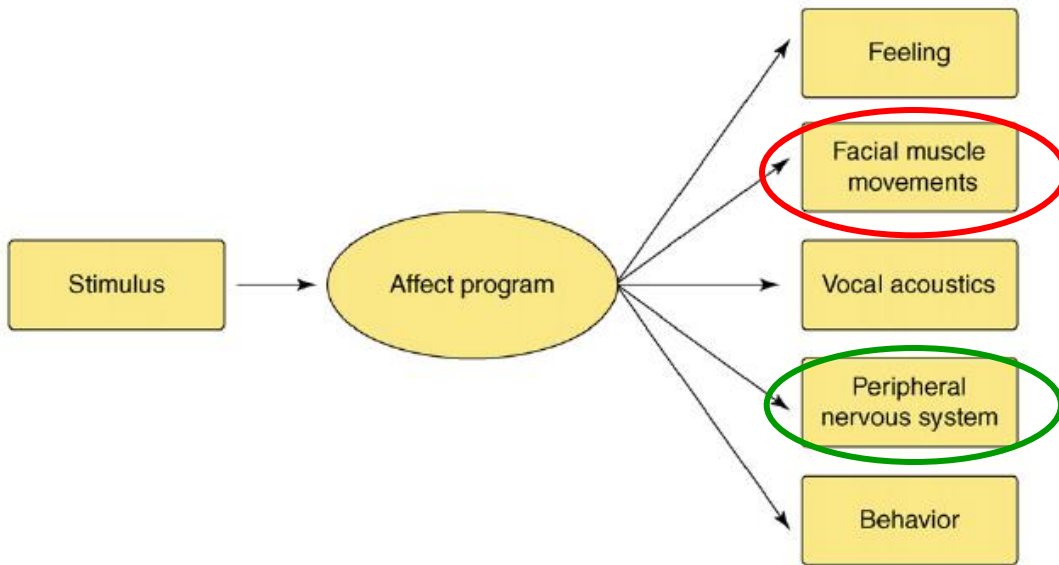
**ruolo delle aree prefrontali dorsolaterali
nella coscienza fenomenica**

Contagio emotivo e affective blindsight

“The tendency to automatically mimic and synchronize our facial expressions and postures with those of another person and, consequently, to converge emotionally”



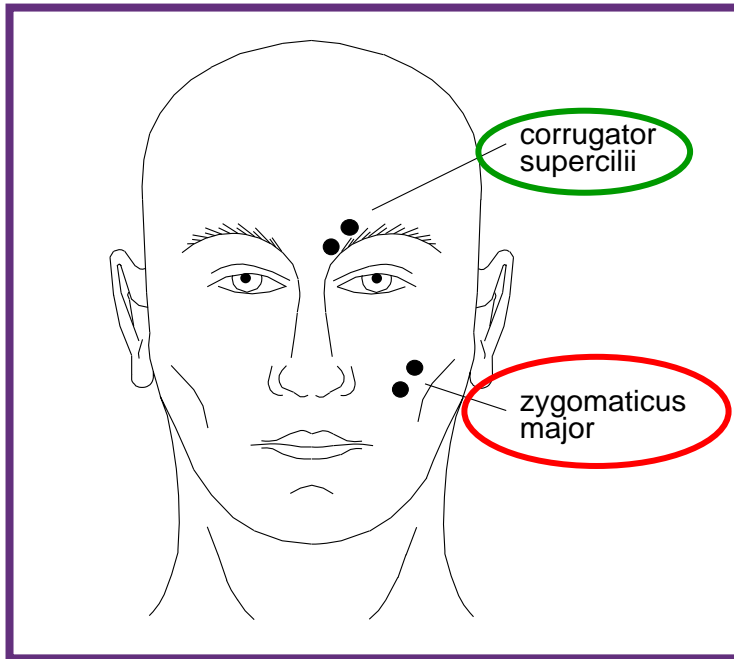
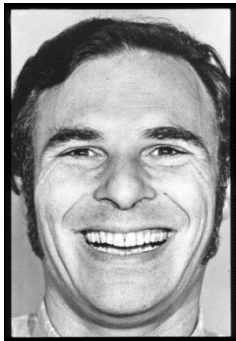
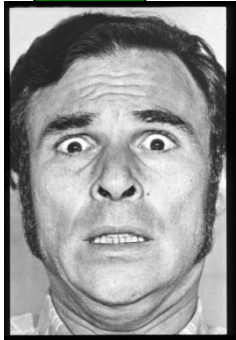
Due indicatori osservabili e oggettivi dello stato emotivo



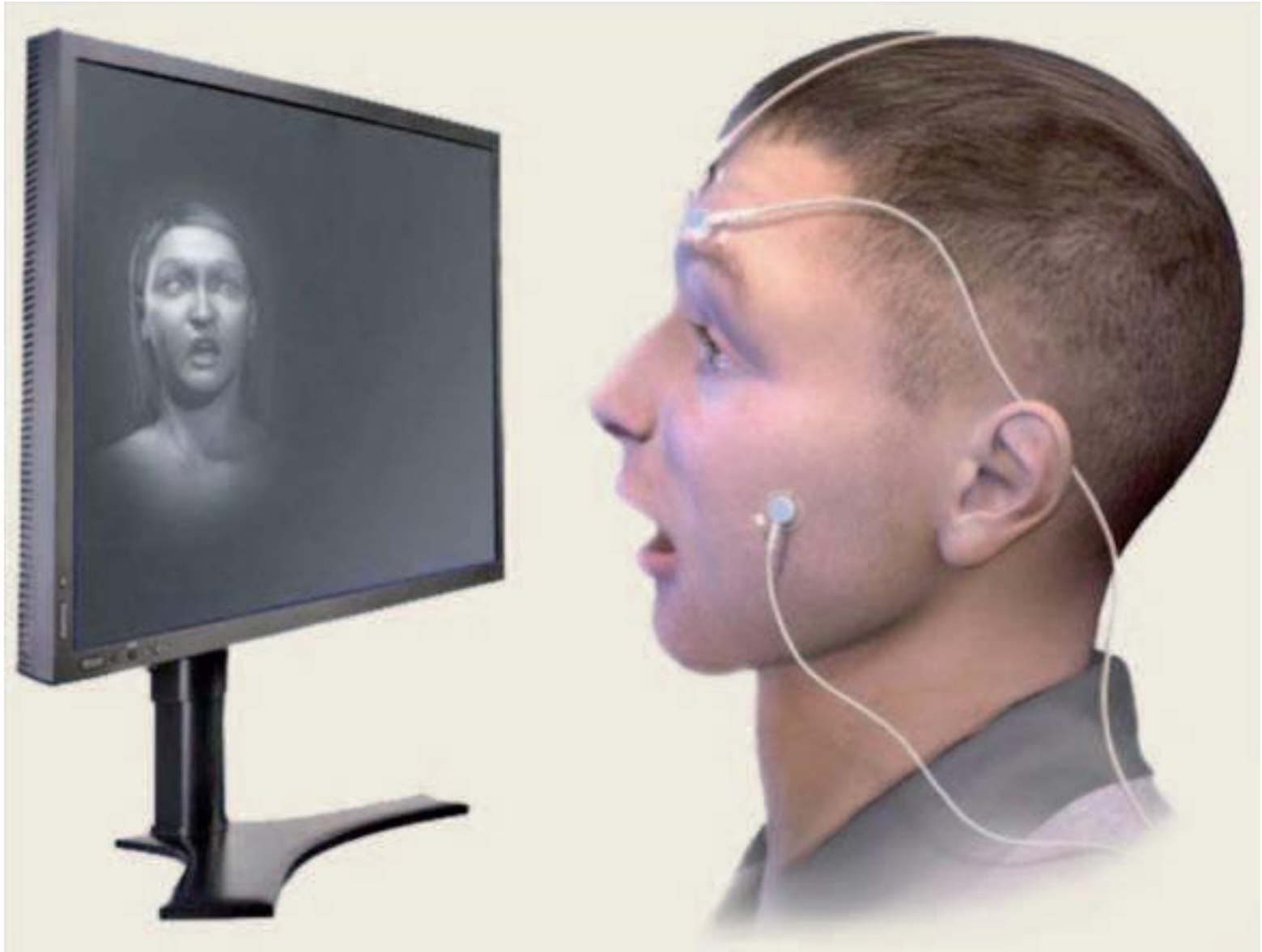
Contagio emotivo

Elettromiografia (EMG)

Pupillometria



Dimberg 1982, *Psychophysiology*





Happy Body

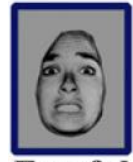


Happy Face

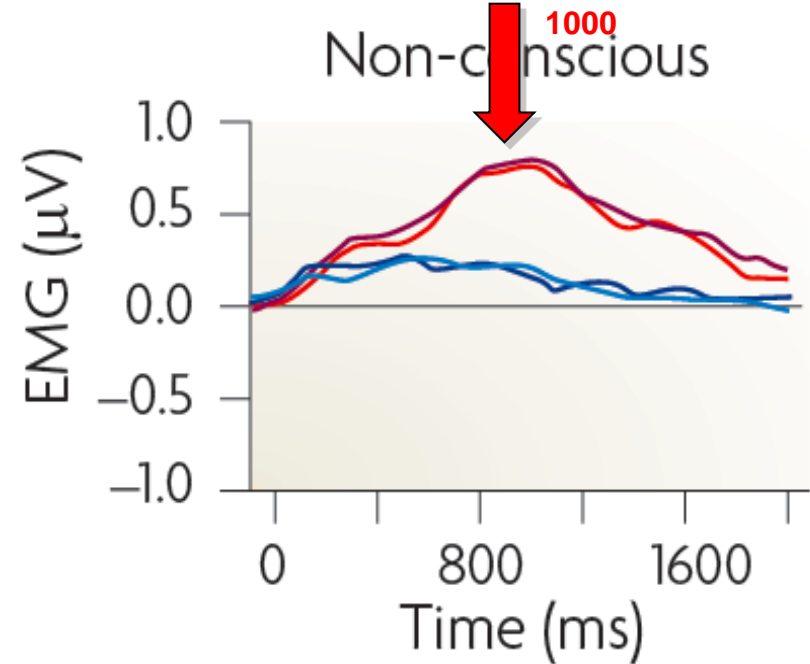
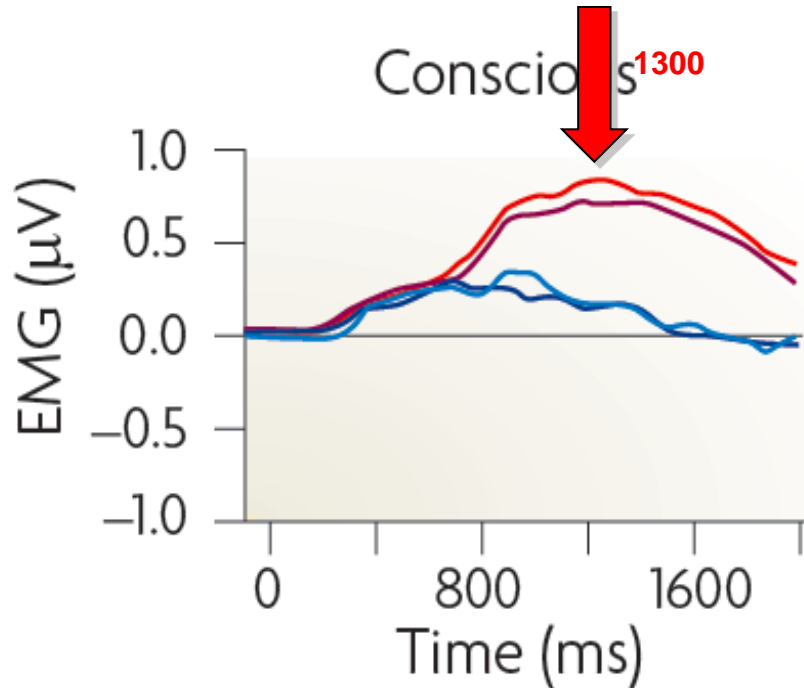
Zygomaticus Major



Fearful Body



Fearful Face



- Maggiore attivazione per espressioni di gioia
- Reazioni espressive più rapide nel campo cieco
- Nessuna differenza tra volti e corpi



Happy
Body

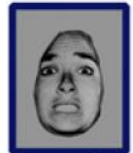


Happy
Face

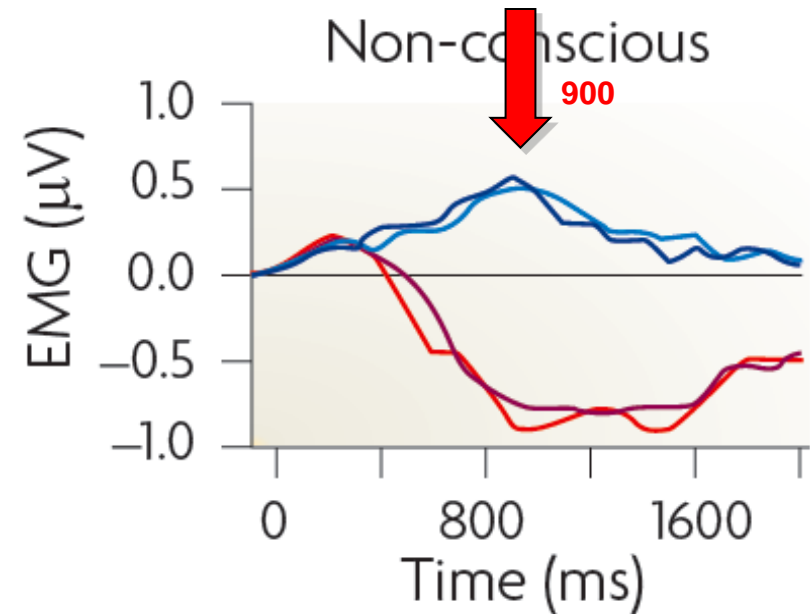
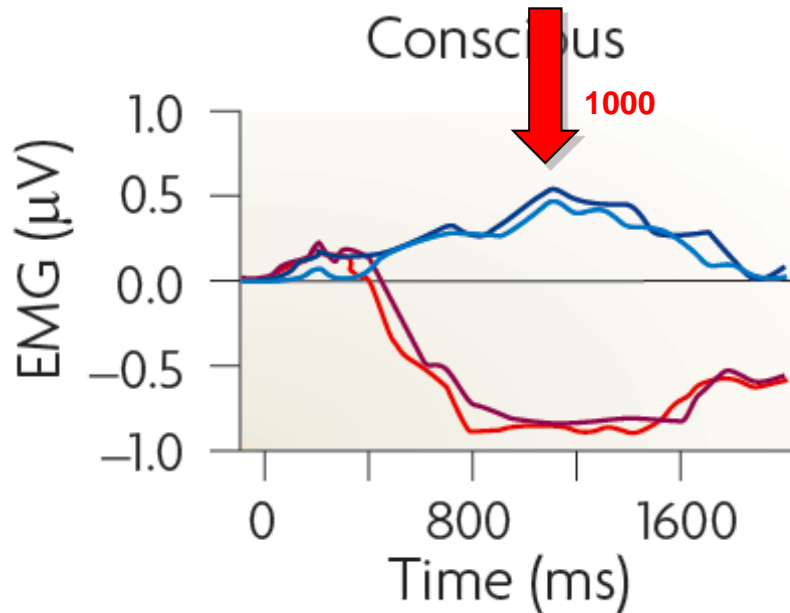
Corrugator Supercilii



Fearful
Body



Fearful
Face



- Maggiore attivazione per espressioni di paura
- Reazioni espressive più rapide nel campo cieco
- Nessuna differenza tra volti e corpi



Happy Body

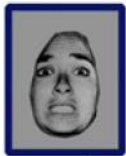


Happy Face

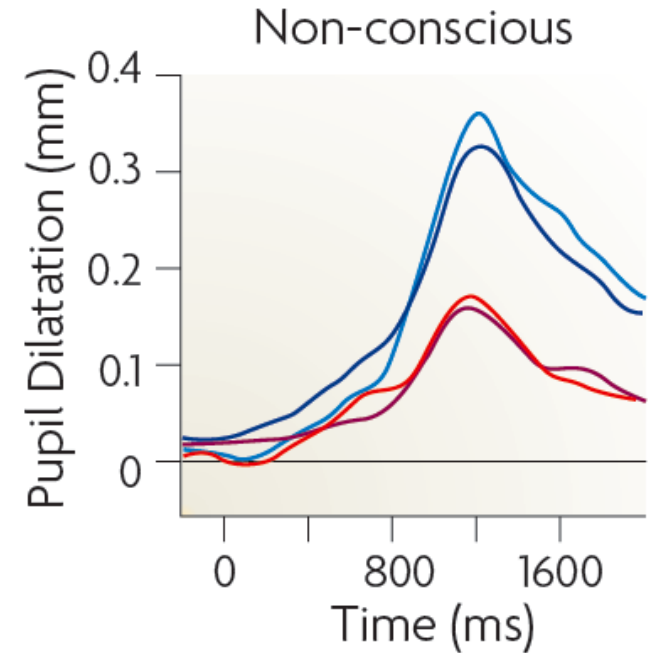
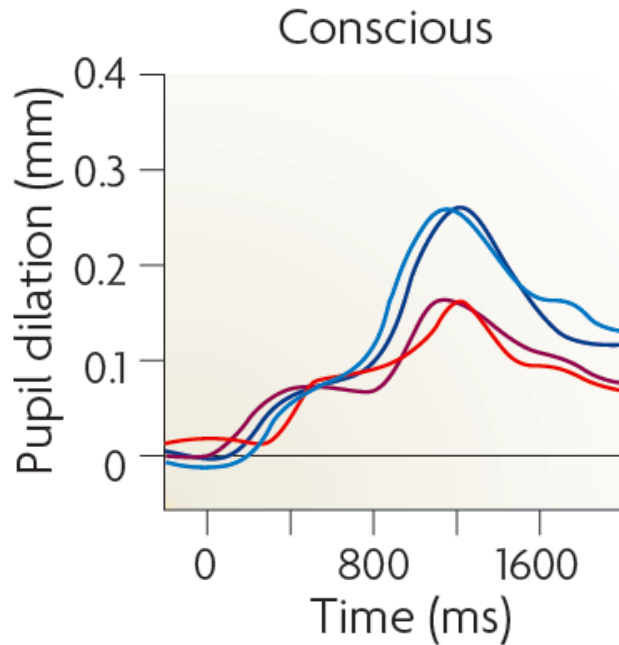
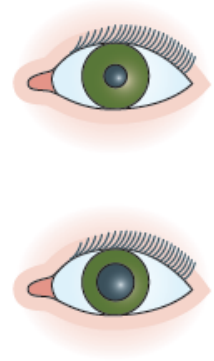
Pupillometria



Fearful Body



Fearful Face



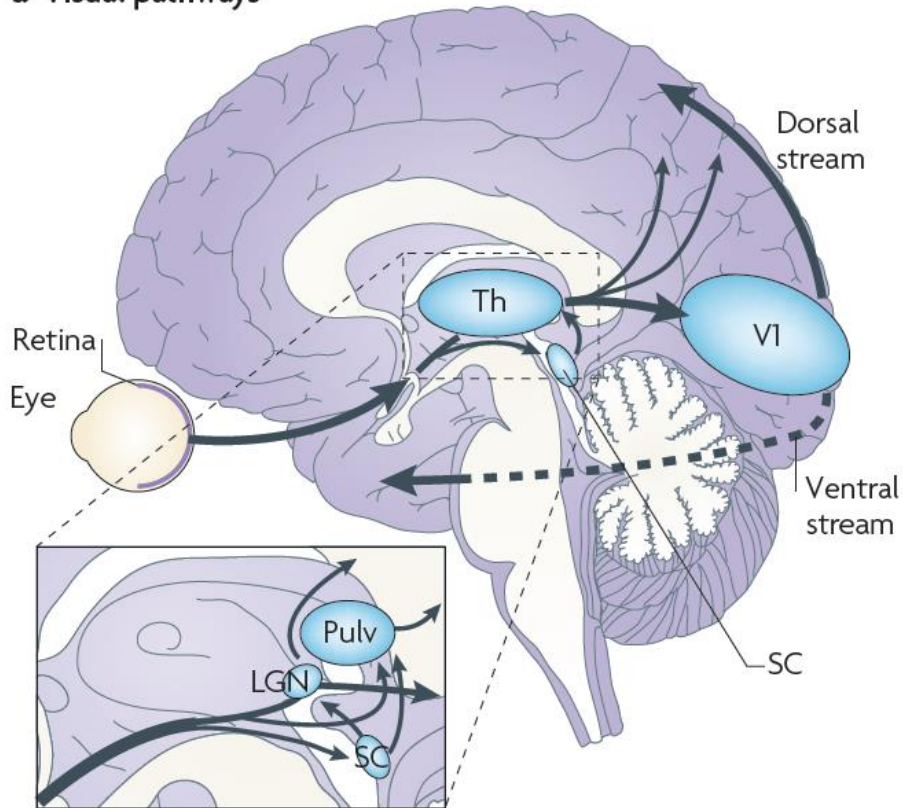
Maggior dilatazione per espressioni di paura

Maggior dilatazione per espressioni non-percepite consapevolmente

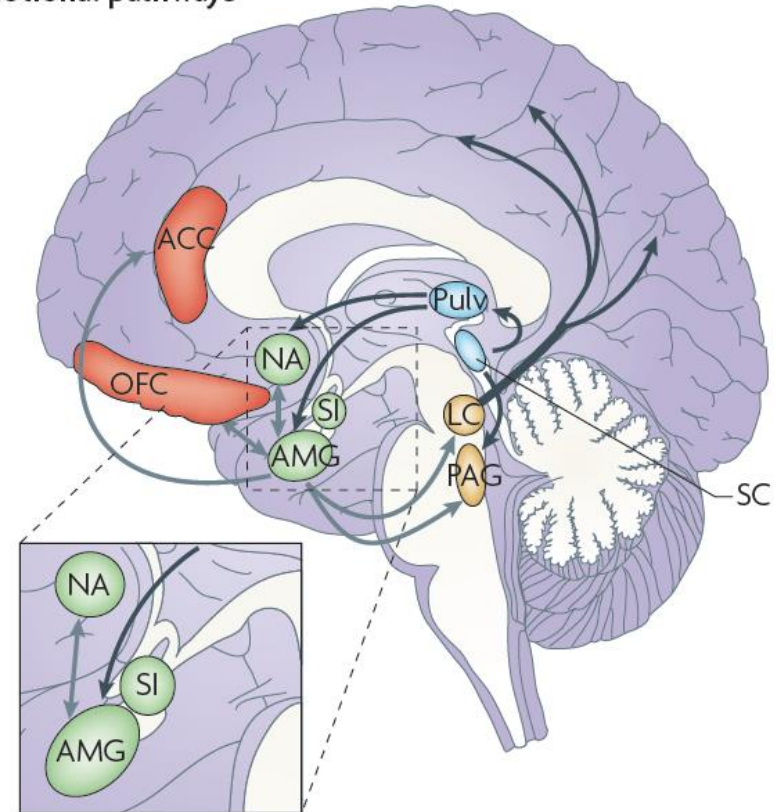
Nessuna differenza tra corpi e volti

Le basi neurali dell'affettive blindsight

a Visual pathways



b Emotional pathways



Conclusioni

- stimoli con valenza affettiva vengono elaborati affettivamente in assenza di elaborazione consapevole in soggetti con blindsight, innescando comportamenti e reazioni neurovegetative adeguate
- contagio affettivo e non imitazione motoria ma “risonanza” affettiva anche i soggetti con blindsight: si verificano reazioni nel volto del soggetto anche con gli stimoli corporei

La consapevolezza motoria

Una strana domanda

- Che cosa rimane se io sottraggo il fatto che il mio braccio si alza dal fatto che io alzo il mio braccio? (Wittgenstein, 1958)



- L'esperienza cosciente di avere l'intenzione di muovere il braccio

Intenzionalita' dell'azione

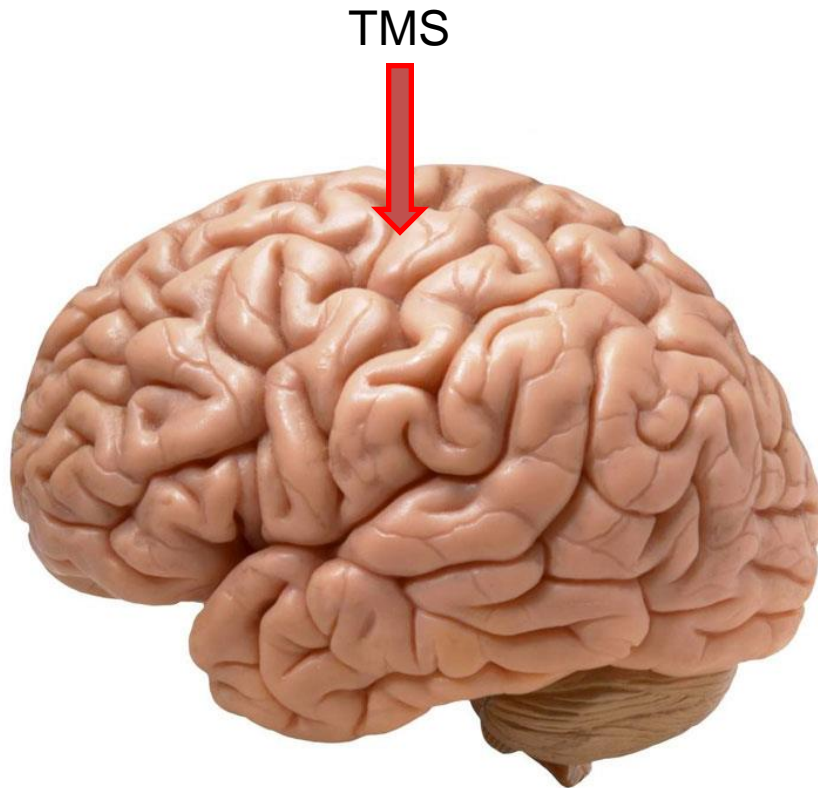
- Si possono distinguere (Searle, 1983; Haggard, 2005)
 - **intenzione primaria** dell'azione complessiva che si intende compiere
 - **intenzione-in-azione**: intenzione sui singoli atti motori che compongono l'azione complessiva
 - i singoli atti motori vengono eseguiti da un programma motorio del cui funzionamento solitamente non abbiamo consapevolezza, ma di cui, in certe condizioni, possiamo diventare consapevoli
 - **self-agency**: sensazione che l'azione eseguita è prodotta da noi, cioè è la conseguenza della nostra volontà di compierla

Valutazione retrospettiva dei movimenti compiuti

- la sensazione associata all'esecuzione di un movimento non è direttamente disponibile alla coscienza (Fourneret & Jannerod, 1998)
 - i soggetti dovevano tracciare una retta su uno schermo senza feedback visivo del proprio arto; il computer produceva una traiettoria erronea: i soggetti correggevano in base alla traiettoria
 - i soggetti non avevano la sensazione della correzione: “inganno” visivo sulla traiettoria determina una non consapevolezza dell'alterazione



consapevolezza dei movimenti che si *intendono* compiere piuttosto che dei movimenti effettivamente compiuti



TMS

Inizio del movimento volontario
ritardato di 200 msec

Consapevolezza del movimento volontario
ritardato di 75 msec



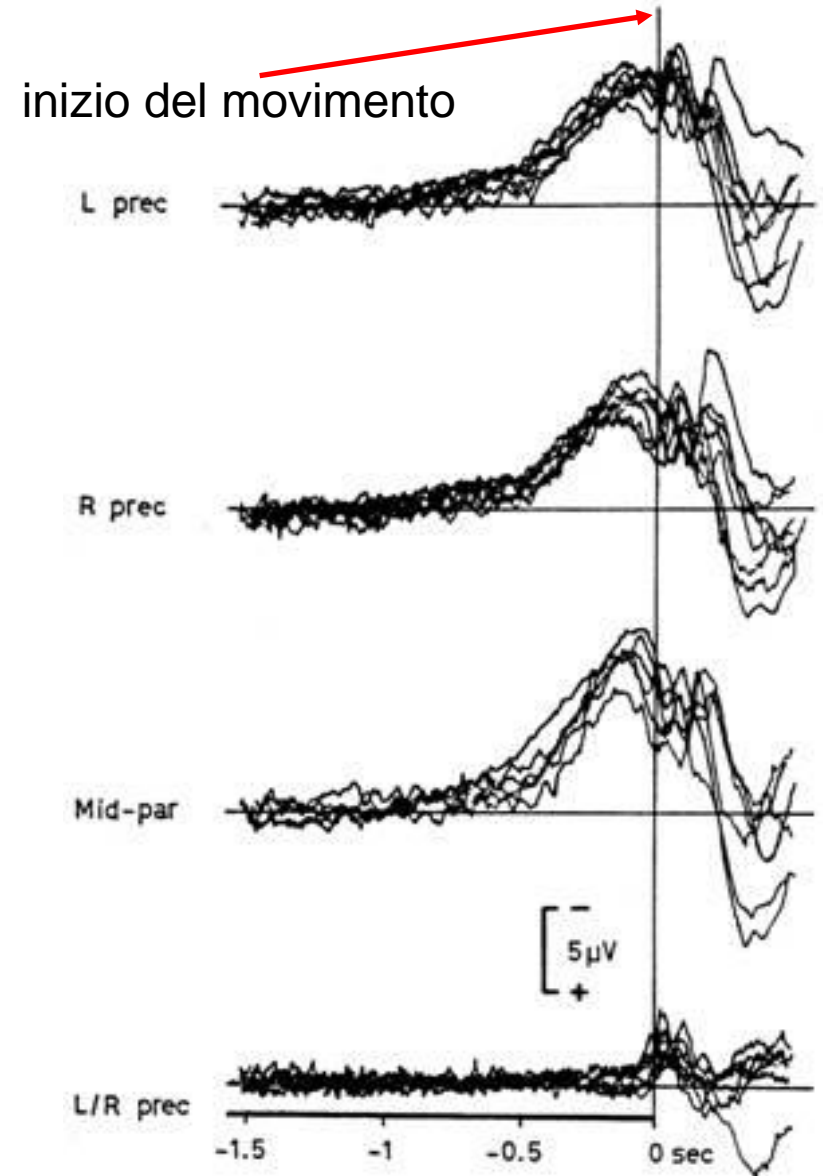
La coscienza di eseguire un movimento
non deriva da informazioni sensoriali

Esperimenti di Libet

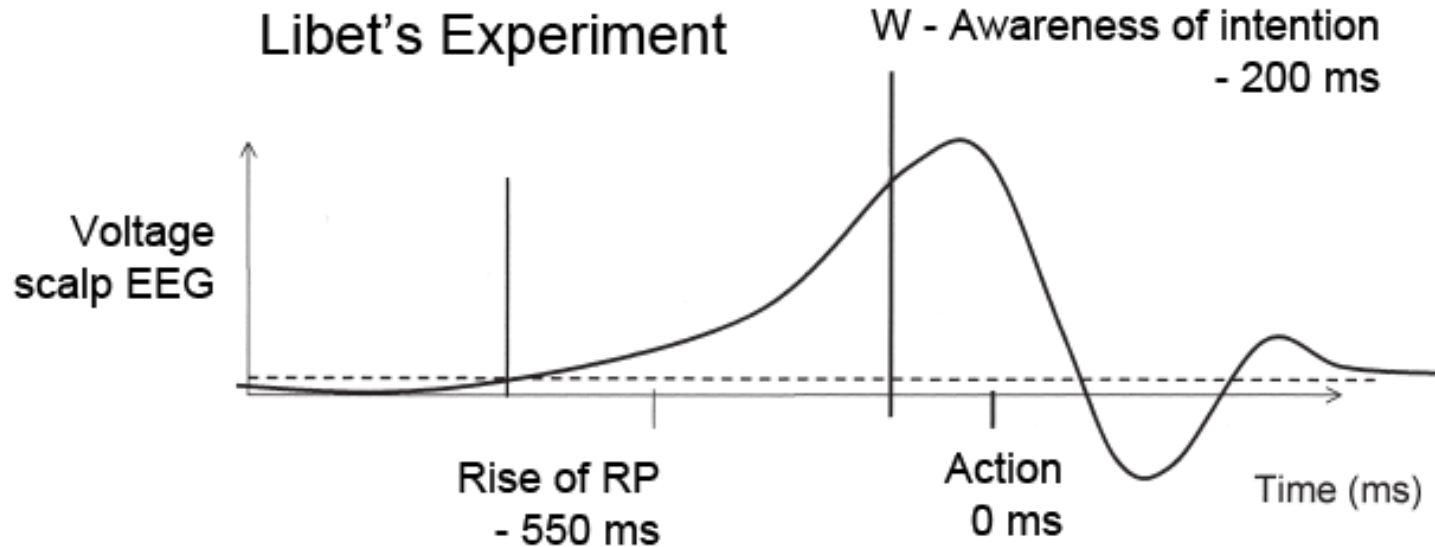
- negli esperimenti di Libet et al. (1983) la sensazione retrospettiva della decisione di eseguire un movimento precede l'effettiva messa in atto del movimento
- i soggetti devono riferire i secondi di un timer quando avvertono la sensazione di aver deciso di compiere un movimento e viene anche misurato quando c'è l'inizio del movimento effettivamente compiuto
 - sensazione della decisione a muovere 200-300 msec prima del movimento (giudizio W o intenzione-in azione)
 - sensazione di iniziare il movimento 50-80 msec prima del movimento (giudizio M) => readiness potential
- quindi la sensazione di iniziare il movimento non è determinata dal feedback sensoriale del movimento ovvero le conseguenze sensoriali del movimento non sono necessarie per determinare la consapevolezza motoria

Bereitschaftspotential

- BP detto anche Readiness Potential (RP) o potenziale di preparazione
 - potenziale corticale che precede movimenti volontari (es. rapide flessioni del dito indice destro). La linea verticale indica $t=0$, cioè l'istante di inizio del movimento (prima attività EMG del muscolo agonista).



RP ed esperimento di Libet



- RP su SMA precede di circa 0.5-1 secondo il movimento => l'intenzione viene generata dall'attività cerebrale e non viceversa? In realtà e' la sensazione di intenzione

Un'illusione interpretativa?

- Studi di elettrostimolazione corticale della SMA (Fried 1991) dimostrano che
 - l'applicazione di correnti di bassa intensità sulla SMA producono sensazione di “urgenza a muovere” senza l'effettivo movimento muscolare;
 - correnti più elevate determinano l'effettivo movimento muscolare
- La sensazione di intenzione a muoversi non sembra un'illusione interpretativa retrospettiva

Sense of Agency

- Sensazione di essere proprio noi a muoversi: senso del sé che agisce
- Ipotesi ricostruttiva del senso del sé agente (Wegner, 2002):
 - intenzione a eseguire una certa azione
 - azione eseguita

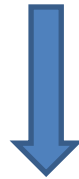


Sense of agency

- Il sense of agency (a differenza dell'intenzione) non e' dissociabile dal movimento

Il modello predittivo

- Il modello ricostruttivo del sense of agency non spiega il verificarsi del fenomeno dell'anosognosia per l'emiplegia



- Modello predittivo del sense of agency (Frith, Blackemore, Wolpert, 2002): i comandi motori vengono prodotti e monitorati da sistemi di controllo che verificano la relazione tra stato desiderato e comandi motori necessari per raggiungerlo con sistemi predittori delle conseguenze sensoriali dell'attuazione del movimento
- La rappresentazione delle conseguenze sensoriali del movimento è alla base della consapevolezza motoria (giudizio M di Libet)

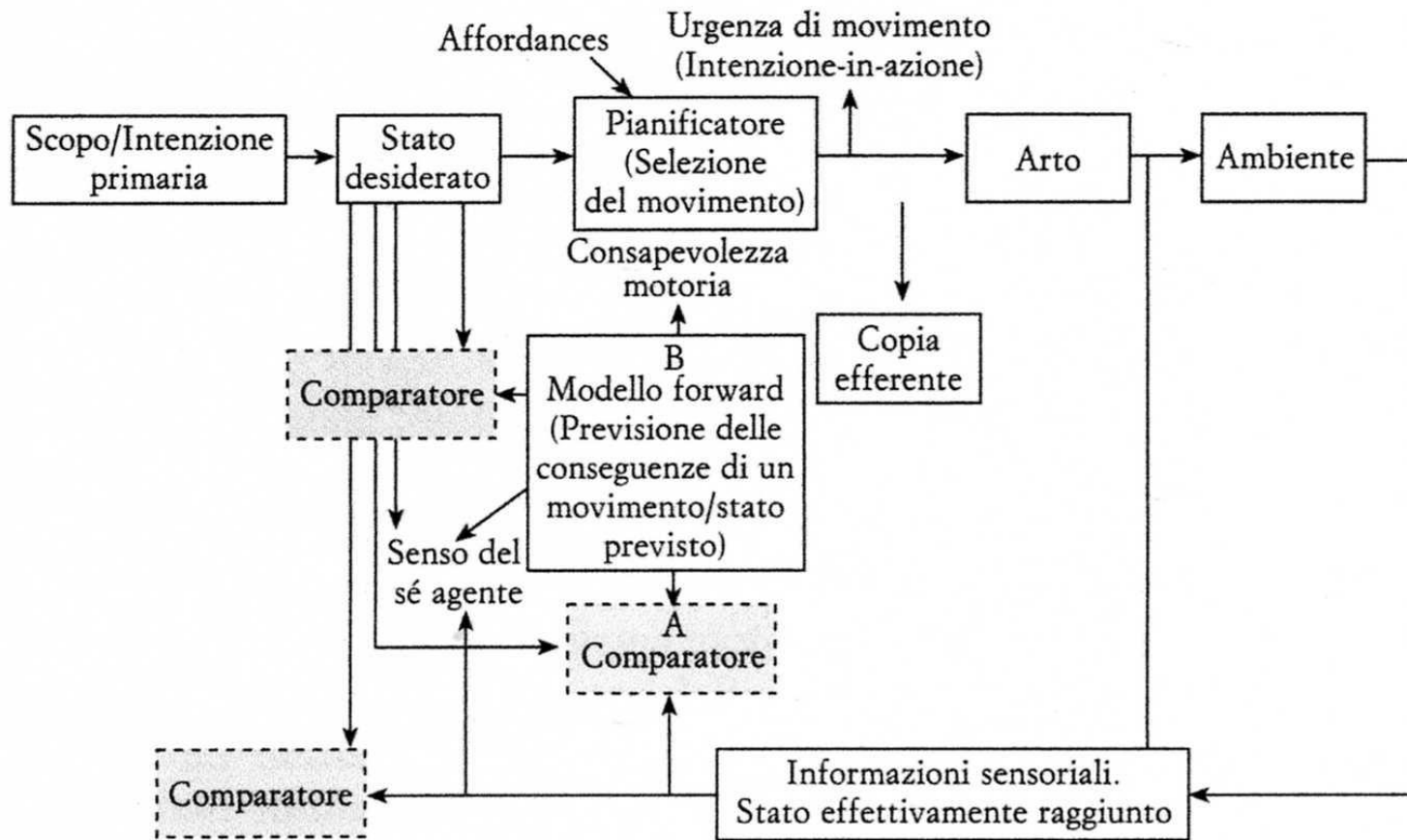


Figura 16

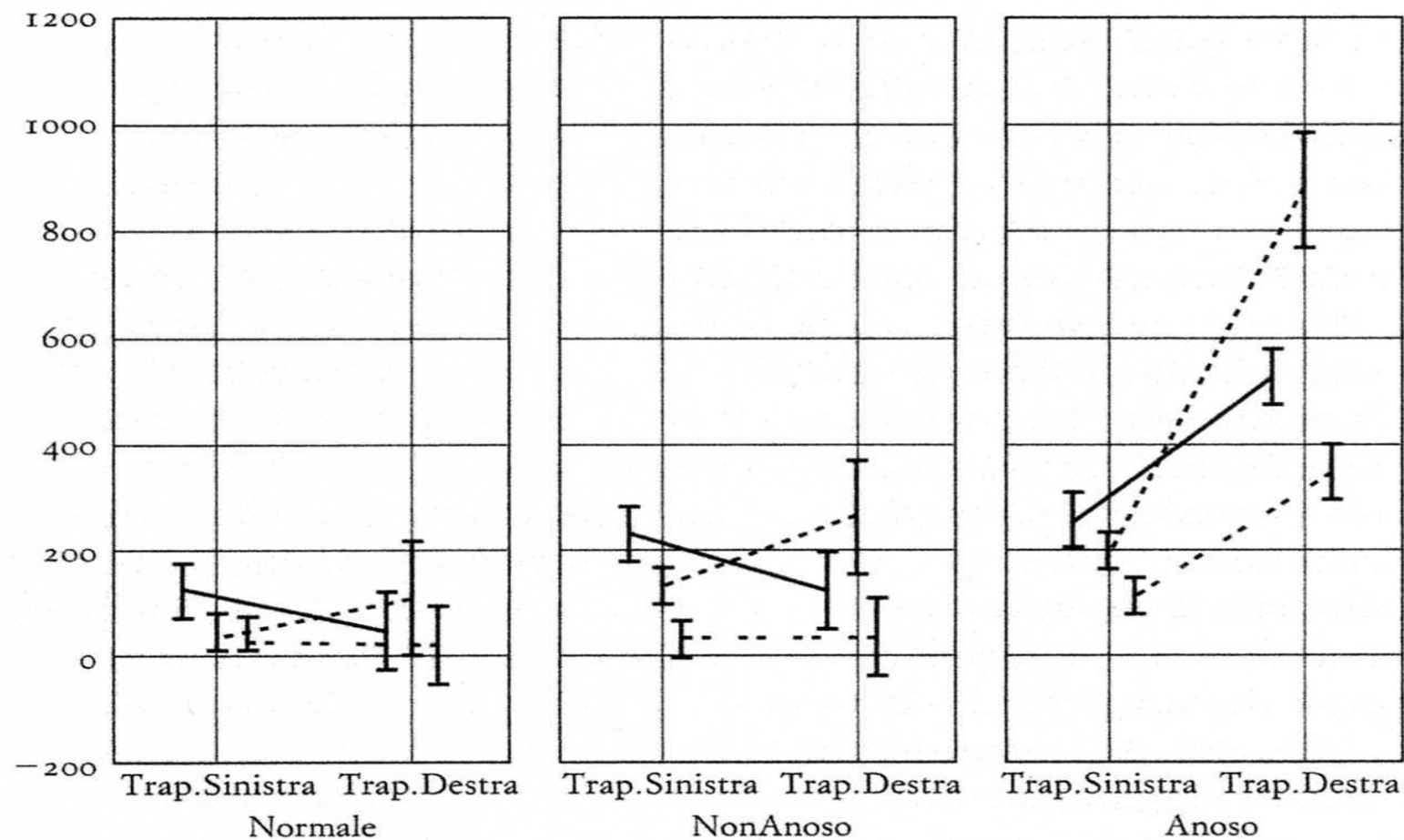
Questo modello di produzione e controllo motorio ipotizza che, ogni volta che si ha intenzione a muoversi e si innesca una programmazione di atti motori, venga anche prodotta una previsione delle conseguenze del movimento su cui si costruisce la consapevolezza motoria. Come si nota, i comparatori sono molteplici e hanno la funzione di confrontare lo stato desiderato e le previsioni con i feedback sensoriali. Da Haggard 2005 (modificata).

L'anosognosia per l'emiplegia

- Ipotesi motivazionale
- Ipotesi cognitiva
- Ipotesi intenzionale

Ipotesi intenzionale

- Gold (1994): deficit di intenzione motoria
- Nell'anosognosico per l'emiplegia non c'è attivazione prossimale (innervazione bilaterale) ipsilaterale la plegia => deficit di intenzione
- Risultati contestati: il paziente non era plegico, ma paretico e forse aveva "neglect motorio"



- Movimento di destra
- - - Movimento di sinistra
- · · Condizione di riposo

Figura 19

Nella figura sono rappresentate le attivazioni del muscolo trapezio superiore alla richiesta di muovere il braccio sinistro o il braccio destro per compiere un movimento di raggiungimento, relative rispettivamente a un soggetto senza lesione cerebrale (Normale), a un paziente emiplegico non anosognosico (NonAnoso) e a un paziente emiplegico anosognosico (Anoso). I valori sono confrontati con la condizione di riposo, in cui il paziente non doveva compiere alcun movimento. Da Berti e collaboratori 2007.

L'anosognosia per l'emiplegia

- Ipotesi di Berti e coll.
 - l'intenzionalità motoria è intatta (v. slide sgt.)
 - ipotesi: la consapevolezza dell'atto motorio deriva dalla "convinzione" che sia stato effettivamente eseguito; ma questa convinzione precede l'effettivo compimento di quell'azione; la consapevolezza deriva dalla verifica della correttezza di tale convinzione alla conclusione dell'atto

Correlati anatomici

- Berti et al. (2005): mappaggio delle lesioni dei pazienti emiplegici con e senza anosognosia
evidenza nei pazienti con anosognosia (v. slide)
 - lesione delle regioni premotorie (BA 6 e 44)
 - relativo risparmio di SMA e pre-SMA (aree in cui viene generata l'intenzione del movimento e della sensazione consapevole dell'intenzionalità)

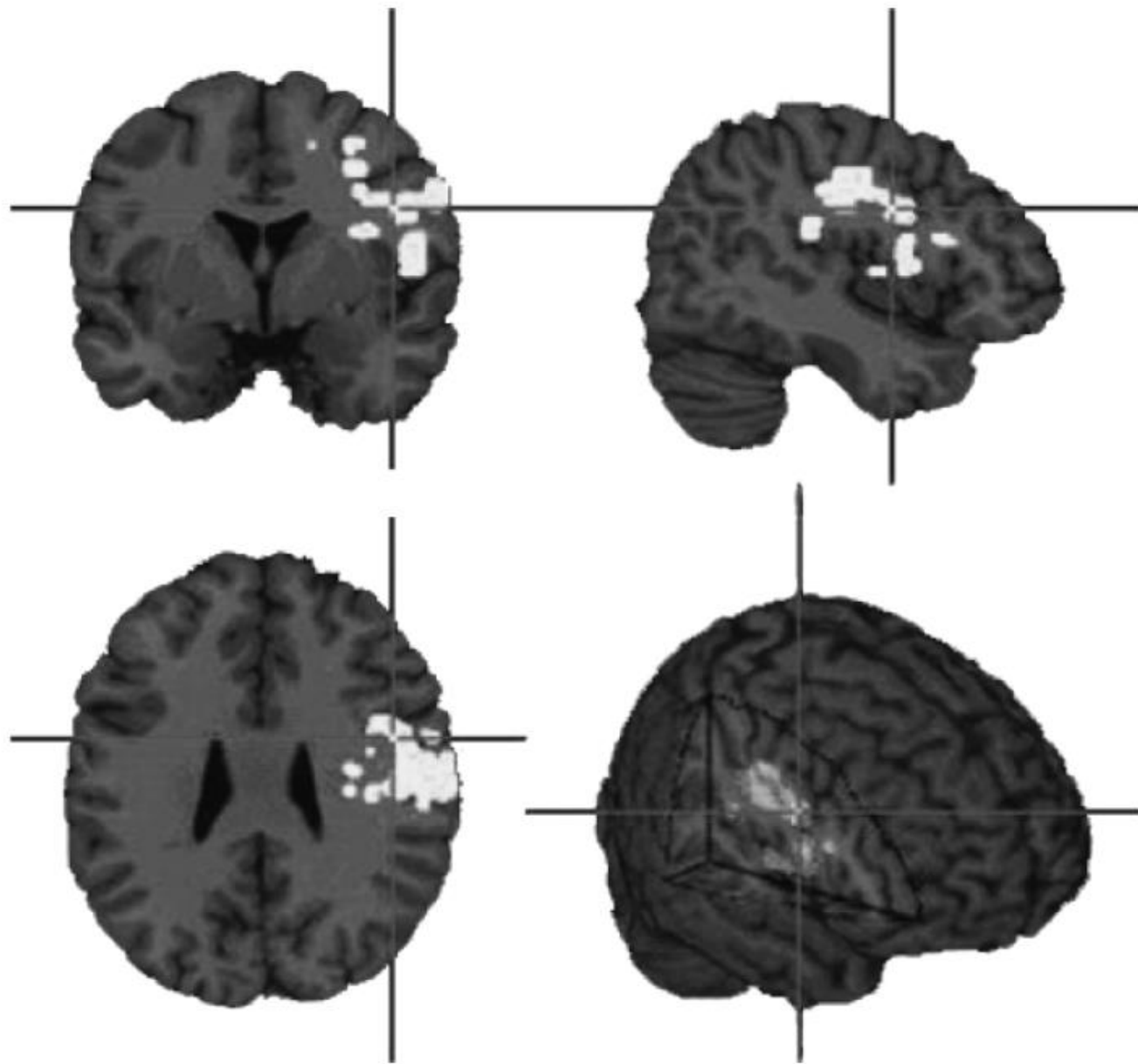


Fig. 2. Brain areas frequently damaged in a group of patients affected by left hemiplegia and anosognosia (from Berti et al., 2005). The areas include frontal motor and premotor areas (Brodmann areas 4, 44, and, most frequently, the dorsolateral region of area 6), prefrontal area 46, and less frequently the insula. According to the theory suggested in the present article, these areas should be the neural bases of the comparator component of the forward model (movement predictor).

Ipotesi del deficit del “comparatore”
tra previsione di movimento
(normale) e feedback sensoriali
(patologici):
=> incapacità a distinguere tra atto
intenzionale (indenne) e atto
effettivamente compiuto (alterato)

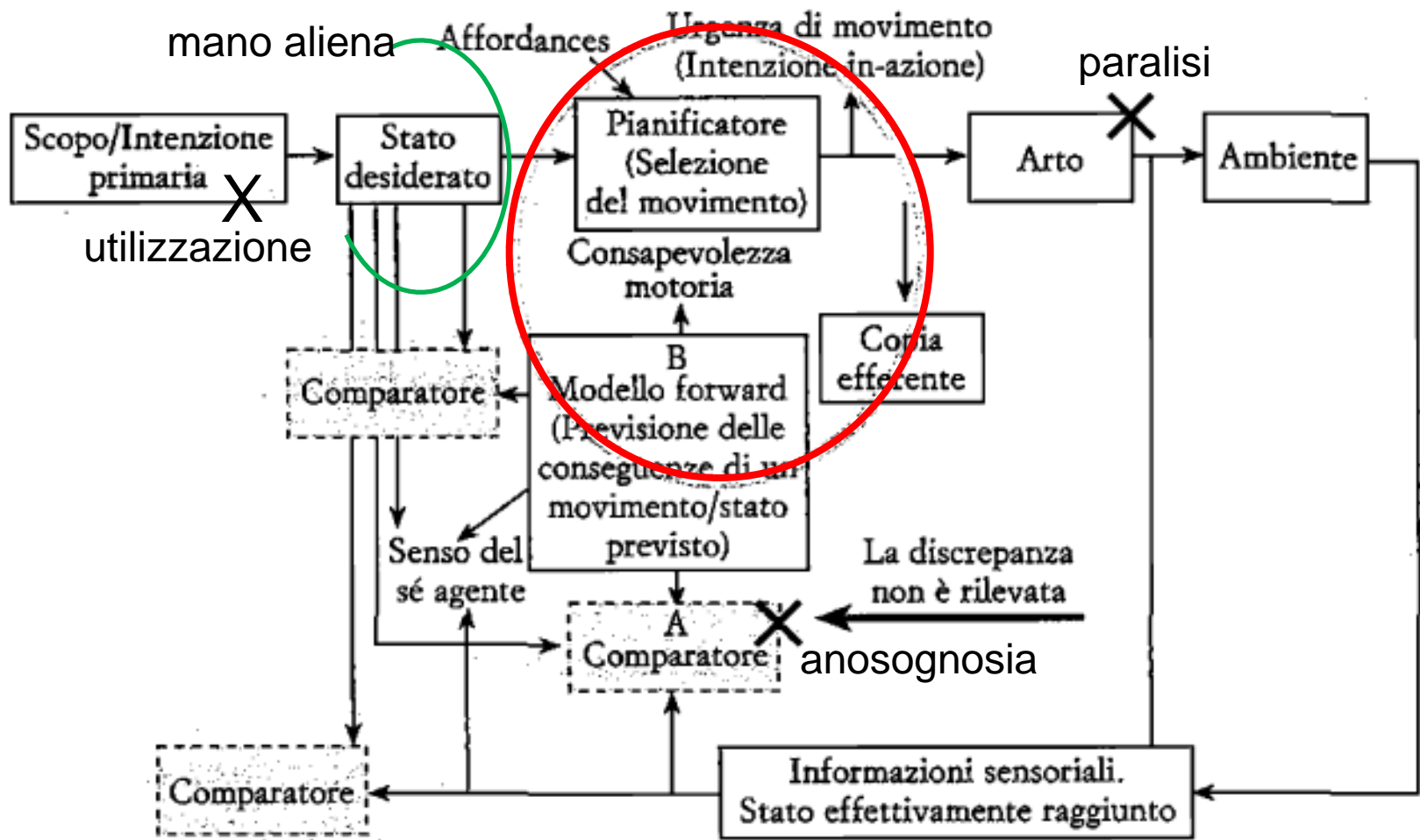


Figura 20

La figura mostra i punti del modello verosimilmente lesionati nell'anosognosia per l'emiplegia, marcati con una x. La crocetta su «arto» indica che la lesione ha danneggiato aree cortico-sottocorticali producendo la paralisi degli arti controlaterali. La crocetta sul comparatore indicato con A indica la posizione del danno che provoca l'anosognosia. Il cerchio indica la parte del sistema che la lesione non ha intaccato, il cui normale funzionamento provoca verosimilmente la falsa convinzione di potersi ancora muovere. Da Berti e collaboratori 2007.

Altre spiegazioni del modello predittivo

- Mano aliena: disconnessione tra generazione delle intenzioni e restante sistema
 - Discrepanza tra stato desiderato e stato effettivo
=> alterazione del senso del se' agente
- Comportamento di utilizzazione: alterazione della generazione delle intenzioni

- “coscienza” è un concetto relativamente recente nella cultura occidentale: mancanza del termine nella cultura greca delle origini
- nei poemi omerici manca il racconto narrativo di un Io che agisce e riflette circa ciò che prova e cosa farà; in Omero sono distinti
 - *Ψυχή*, è il respiro-anima (spirito vitale che fuoriesce dalla ferita del guerriero morente), => soffio vitale (*anemos*)
 - *voos*, la mente che è capace di vedere oltre le apparenze (comprendere le intenzioni)
 - *θυμός*, l'impulso a muoversi

- solo in Platone alla base del concetto di *Ψυχή* si trovano i concetti di
 - *voos*, la mente che comprende (intelletto)
 - *θυμός*, l'anima emotiva (passione)
 - *ἐπιθυμία*, il desiderio istintuale (appetito)
- => coscienza come modello interpretativo del comportamento: vi sono processi non consapevoli che determinano comportamenti che vengono interpretati come intenzionali