



SIMPOSI ROSMINIANI XV Corso

Stresa 27-30 agosto 2014

COSCIENZA E VOLONTA' NELLA PROSPETTIVA DELLE NEUROSCIENZE

Maria Grazia Marciani

Clinica Neurologica - Dipartimento di Neuroscienze

Università di Roma Tor Vergata

Neuroscienze: sfide principali del terzo millennio

COSCIENZA

*Neural Correlates of
Consciousness, NCC*

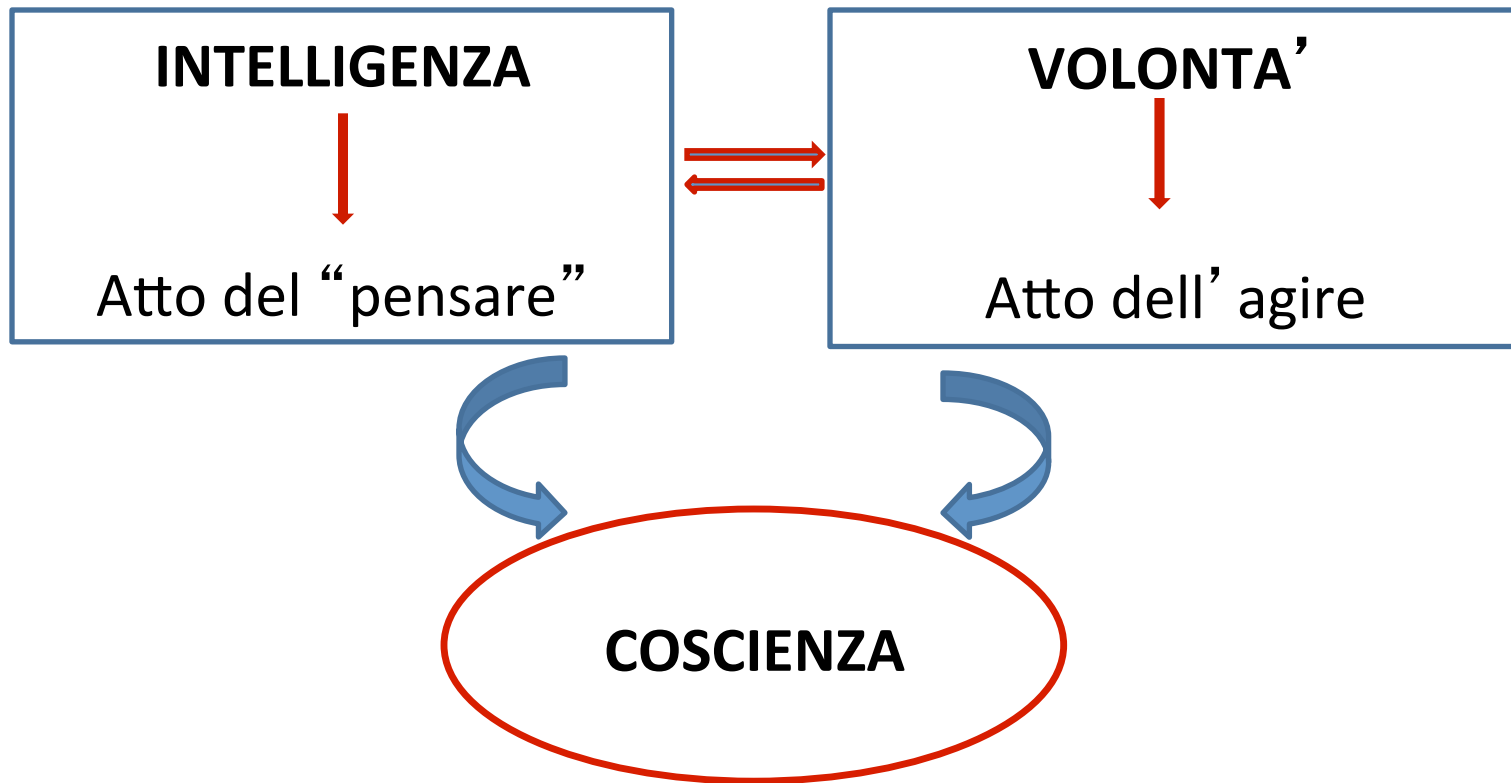
Science
& Consciousness
Review

VOLONTA'

*How Does Neuroscience
Affect Our Conception of
Volition?*

Annu.Rev. Neurosci., 2010

L'uomo, la coscienza, l'intelligenza, la volontà

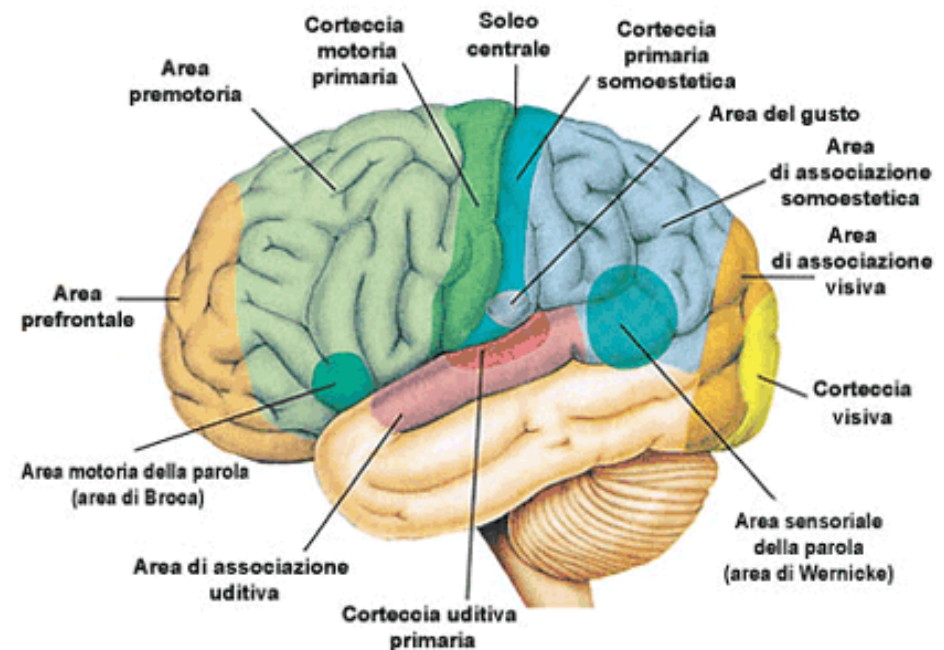
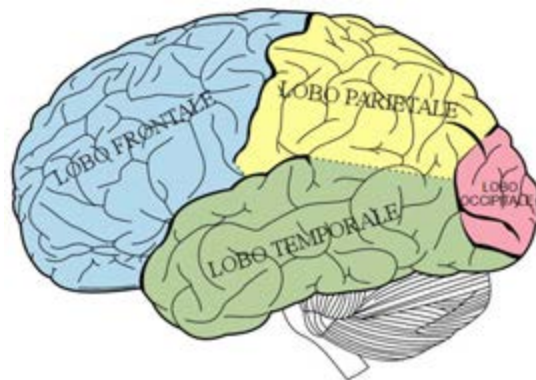
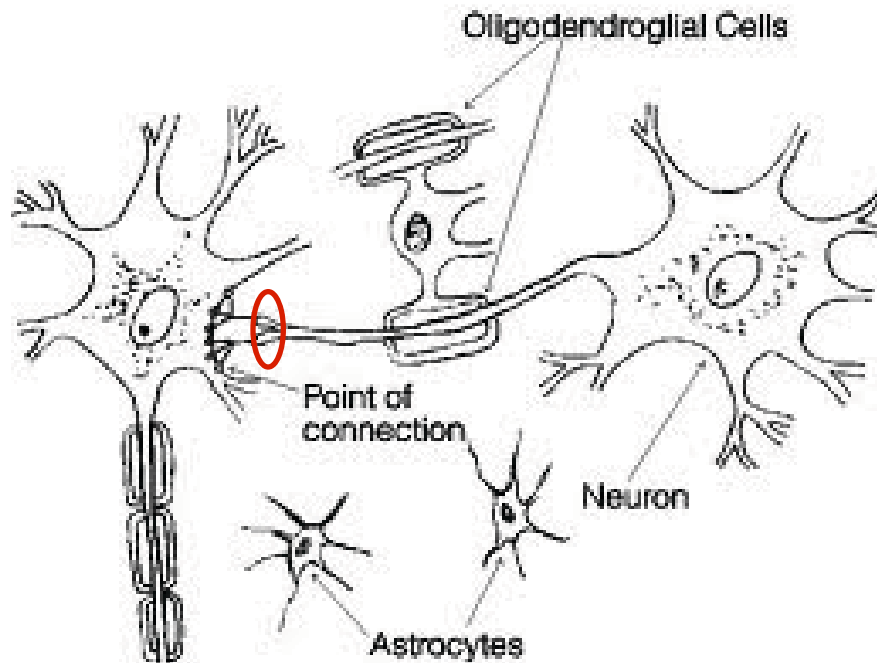


Principali domande

Per cercare di comprendere le basi neurobiologiche di tali funzioni:

- 1) L'organizzazione funzionale del cervello
- 2) Il contributo delle tecnologie avanzate nel campo del “neuroimaging”
- 3) Le strutture e i meccanismi che sottendono alle dinamiche della coscienza e della volontà

Dal neurone alla corteccia...



Il cervello e le sue proprietà

“Il cervello... non è qualcosa di statico, ma un sistema variabile per la sua plasticità...” (Changeux, 2002)

- Per **plasticità** si intende la capacità del sistema nervoso di modificarsi *strutturalmente e funzionalmente* in risposta agli eventi che lo influenzano: *intrinseci* come espressione genetica determinata; *estrinseci* processi che si costruiscono in base all' *esperienza*.

Organizzazione funzionale del cervello

SISTEMA PARALLELO INTERCONNESSO



- Unità più piccole e più numerose, ciascuna con funzione più semplice
- **Interazione stretta e continua: "reti neurali"**

- Una regione può partecipare a varie funzioni
- Una funzione fa riferimento a molteplici regioni

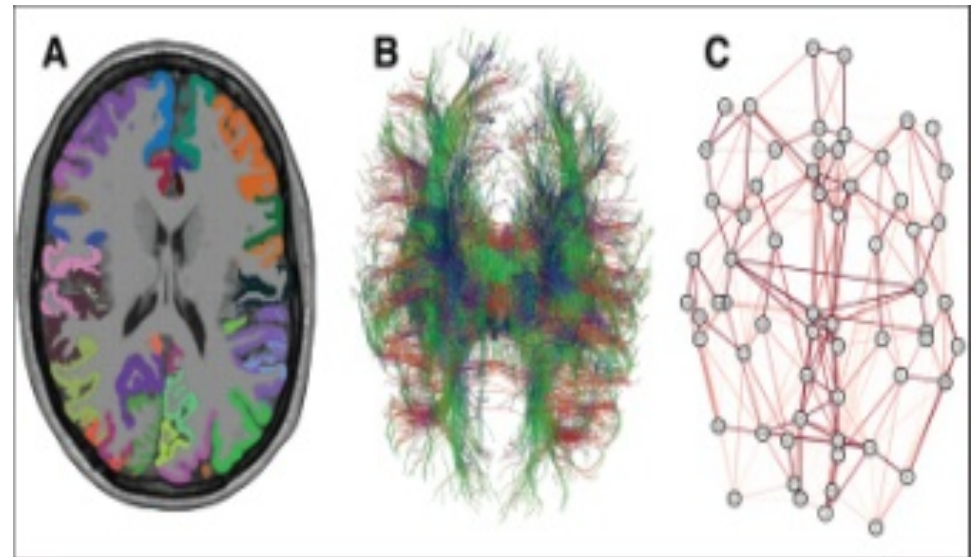
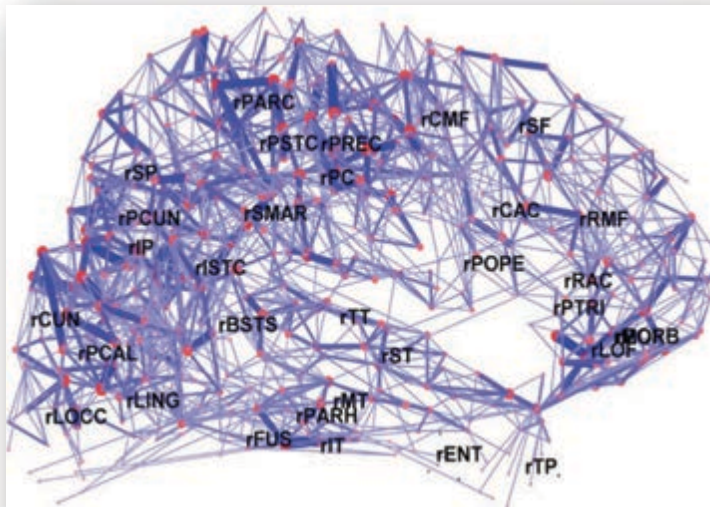


Funzione delle “reti neurali”

- Gli elementi neuronali (neuroni e cellule gliali) costituiscono un complesso “**network**” strutturale e funzionale
- Tali network rappresentano la base fisiologica per la **codifica delle informazioni e le rappresentazioni mentali**
- Gli sviluppi nella **fisica dei sistemi complessi** hanno accresciuto l’interesse per la scienza dei network come scienza interdisciplinare, dimostrando interessanti punti in comune tra network complessi ed organizzazione del cervello

Brain Connectivity

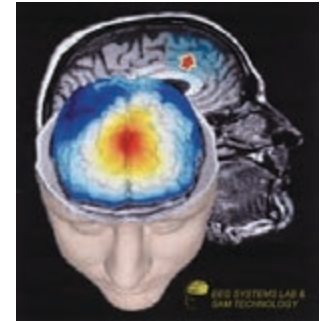
Per **“Connettività cerebrale”** si intende l’attività coordinata e integrata di differenti aree cerebrali deputate alle funzioni cerebrali superiori. E’ un’attività che si basa sull'elaborazione di flussi continui di informazioni in maniera modulare e distribuita.



Key stages in the creation of structural connectivity graph using magnetic resonance images: A cortical parcellation; B whole-brain tractography; C and the final graph representing the connections between regions

Le tecnologie al servizio...

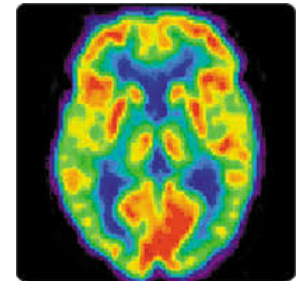
- **High Resolution EEG Maps**



- **Functional MRI**



- **Positron Emission Tomography**



- **Transcranial Magnetic Stimulation**



La coscienza

- Le peculiarità della coscienza sollevano un grande interesse e provocano dibattiti vivaci tra i filosofi della mente poiché è difficile per alcuni accettare l'idea che la coscienza possa essere spiegata in termini fisici riduzionistici.
- Per le Neuroscienze la coscienza è fondamentalmente una ***funzione del Sistema Nervoso Centrale***. La determinazione delle sue proprietà diviene un problema scientifico affascinante. L'osservazione clinica, supportata dall'avanzata tecnologia, dalla neurofisiologia e dalla neuropsicologia comportamentale permette, allo stato attuale, di identificare possibili substrati morfologico-funzionali (network) coinvolti nella regolazione dello stato di coscienza.

Coscienza: il pensiero dei filosofi della mente

Searle J. 1993, Nagel T. 1993 attribuiscono alla
consapevolezza tre caratteristiche dominanti:

1. La soggettività

2. La natura unitaria

3. L'intenzionalità

La soggettività della coscienza

La soggettività è *l'esperienza personale di sensazioni personali e irripetibili* (idee, stati d'animo, sensazioni, quali i successi e le delusioni, le gioie e i dolori). Possiamo comprendere le sensazioni degli altri solo facendo riferimento alla nostra esperienza diretta.

*Se l'esperienza cosciente è **personale e soggettiva**, è possibile determinare in modo oggettivo le caratteristiche che sono comuni alla coscienza delle diverse persone?*

Caratteristiche della coscienza

- ***Natura unitaria della coscienza***: le nostre esperienze vengono da noi colte in un' unica esperienza cosciente. Tutte le modalità sensoriali vengono fuse in un' unica esperienza.
- La coscienza è dotata di ***intenzionalità***. Le nostre esperienze continuano a conservare un loro significato al di fuori delle sensazioni fisiche del momento. La nostra mente conserva tutta la gamma delle nostre esperienze.

Lo stato di coscienza è accessibile
all'analisi neurobiologica?

Il concetto di “coscienza” e le teorie biologiche della mente

La **Mente** é l' insieme delle *operazioni* che il Sistema Nervoso Centrale (SNC) esegue di cui si può avere soggettivamente coscienza in diverso grado (sensazione, pensiero, intuizione, ragione, memoria, volontà). Quindi anche la coscienza è fondamentalmente una **funzione del SNC**.

*La **teoria della mente** attribuisce stati mentali (desideri, emozioni, intenzioni, pensieri e credenze) a se stessi e agli altri e prevede, quindi, il comportamento delle persone sulla base dei propri stati interni (Theory of Mind Mechanism).*

Neglect: metà-coscienza

- Con lo studio della negligenza spaziale o visiva unilaterale si è iniziato ad affrontare con un approccio scientifico multidisciplinare, uno dei grandi misteri delle neuroscienze cognitive, se non di tutta la scienza: *la natura della coscienza* (Eric R. Kandel).
- Una lesione nell' emisfero destro può compromettere sia la coscienza di sé che dell' ambiente circostante. L' individuo non si rende conto di avere il lato sinistro del corpo paralizzato e ignora tutto ciò che si trova da quella parte sia per quanto riguarda l' ambiente che il proprio corpo (Sindrome neglect). La situazione particolare del paziente con neglect può essere mascherata con notevole fantasia inventando opportune spiegazioni.

Alcune definizioni di coscienza

- ❑ “L’insieme dei contenuti delle nostre esperienze immediate” (Wundt 1911)
- ❑ “Lo stato di consapevolezza di sé e dell’ambiente che ci circonda” (Plum and Posner 1980)
- ❑ “Il prerequisito indispensabile per qualunque forma di esperienza umana e conoscenza” (Gloor 1986)
- ❑ “La più ovvia e la più misteriosa caratteristica della nostra mente” (Dennett 1987)

Le componenti della coscienza

Zeman (Brain, 2001) ha identificato in particolare due significati che rivestono particolare interesse scientifico :

- a) La coscienza come *“arousal”* (vigilanza)
- b) La coscienza come *“awareness”* (consapevolezza)

Livelli *versus* Contenuti di coscienza

- ***Livello di Coscienza*** = Grado di rispondenza, dalla vigilanza al sopore, fino al coma.
- ***Contenuti di Coscienza*** = Aspetti soggettivi dello stato di coscienza, comprendenti sensazioni, pensieri, emozioni, etc.

AROUSAL (vigilanza)

Nella pratica clinica lo stato di “*arousal*”, equiparato agli stati di veglia, allerta, vigilanza, si riferisce *all'abilità di un individuo di rispondere ad uno stimolo con una modalità integrata propria dello stato di veglia.*

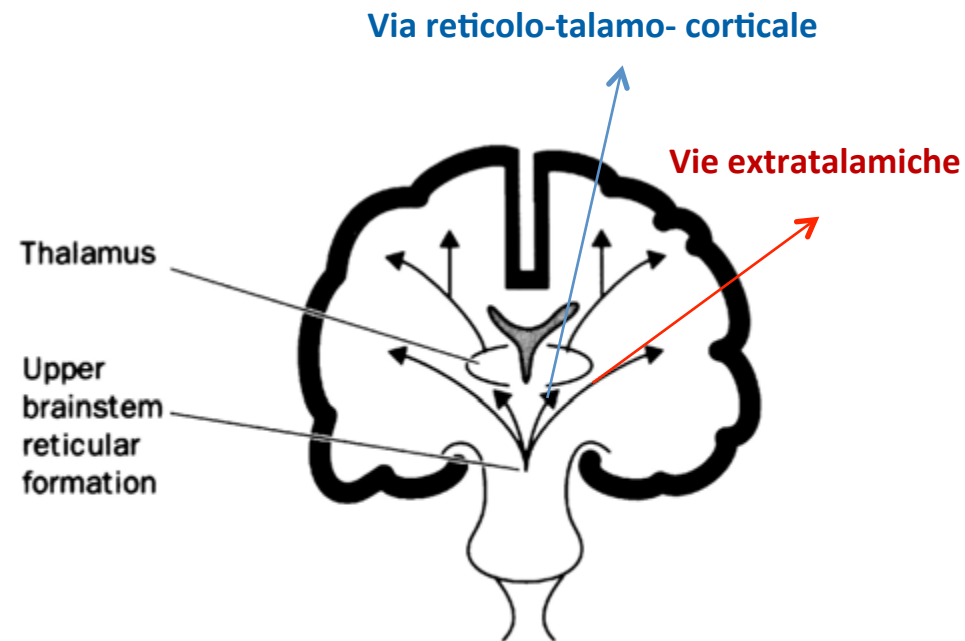
Nei soggetti sani ai differenti gradi di arousal corrispondono differenti stati di coscienza che si estendono dal sonno profondo a onde lente (stadi 3 e 4) allo stato di veglia-allerta.

Networks responsabili dell' arousal

Gli studi integrati di connettività funzionale utilizzando dati dell' imaging funzionale (elettrofisiologico, emodinamico, metabolico), hanno mostrato che la *vigilanza non si correla all' attività di una singola regione cerebrale ma al **network talamo-corticale** all' interno della rete fronto-parietale* (S. Laureys - A.M. Owen).



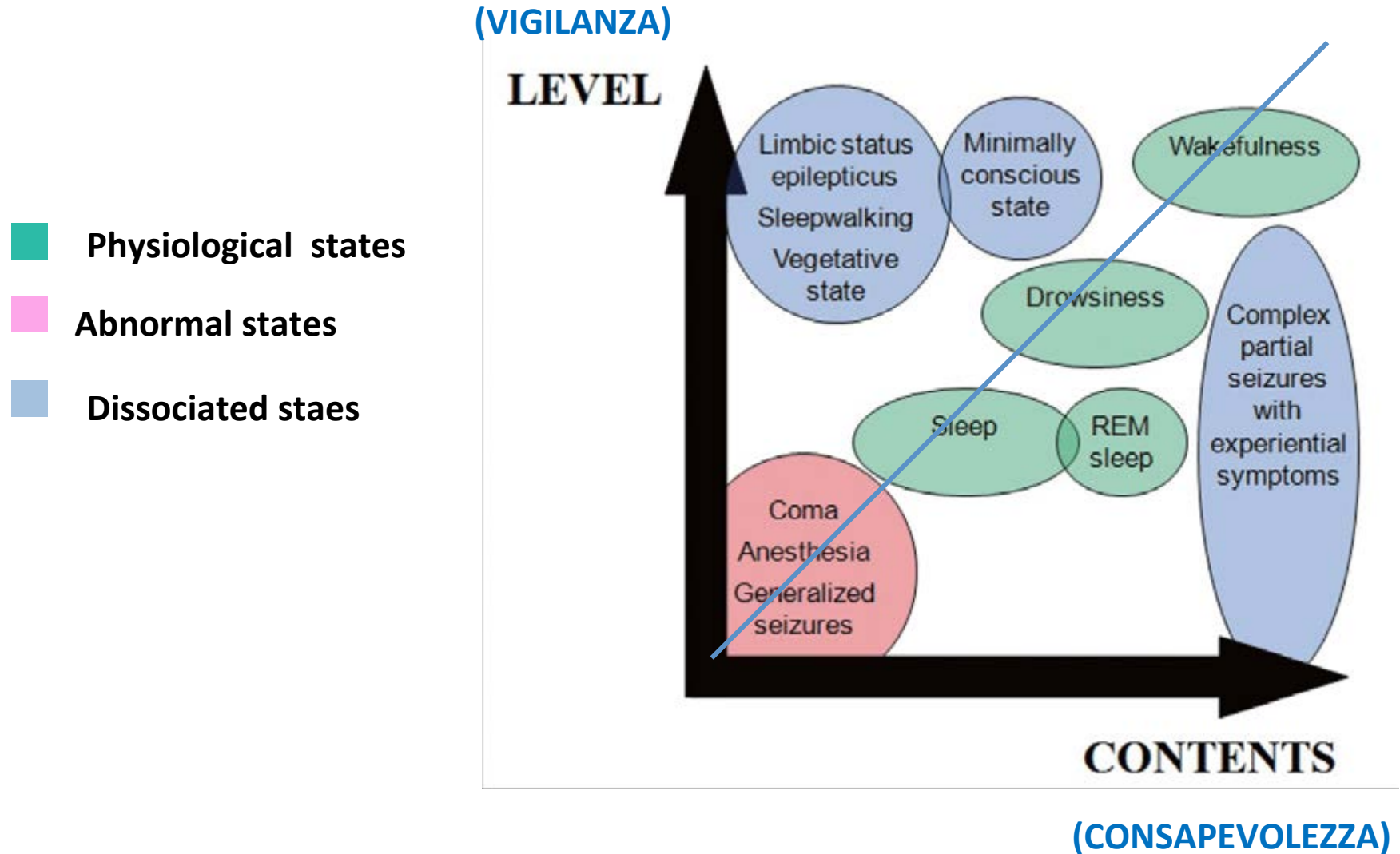
Moruzzi and Magoun, 1949



CONSAPEVOLEZZA (awareness)

- La coscienza come consapevolezza fa riferimento al *contenuto dell'esperienza*: consapevolezza di sé e dell'ambiente circostante.
- Il contenuto dell' *esperienza soggettiva* dell'individuo include le *sensazioni, pensiero, emozioni, memoria, immaginazione e altri importanti processi psicologici*.
- I contenuti della coscienza sono associati ad *attività di specifiche aree corticali*. Ad esempio la consapevolezza del movimento visivo è associato con attività neuronale dell'area visiva V5 (achinetopsia), mentre quella del colore è associata all'attività dell'area V4 (acromatopsia).

La coscienza come un “modello bidimensionale”



Relazione Arousal/Consapevolezza

- Il livello di “arousal” (vigilanza) e il contenuto di coscienza (consapevolezza) interagiscono in maniera complessa con un meccanismo a tutt’ oggi non completamente chiaro.
- *La consapevolezza può variare in maniera indipendente dallo stato di vigilanza.* Tuttavia il livello di vigilanza può influenzare in maniera significativa il grado di consapevolezza.
- Un aumento del livello di arousal induce un aumento del grado e della qualità dell’ esperienza cosciente

Basi neurobiologiche della volontà ("free will")

La volontà

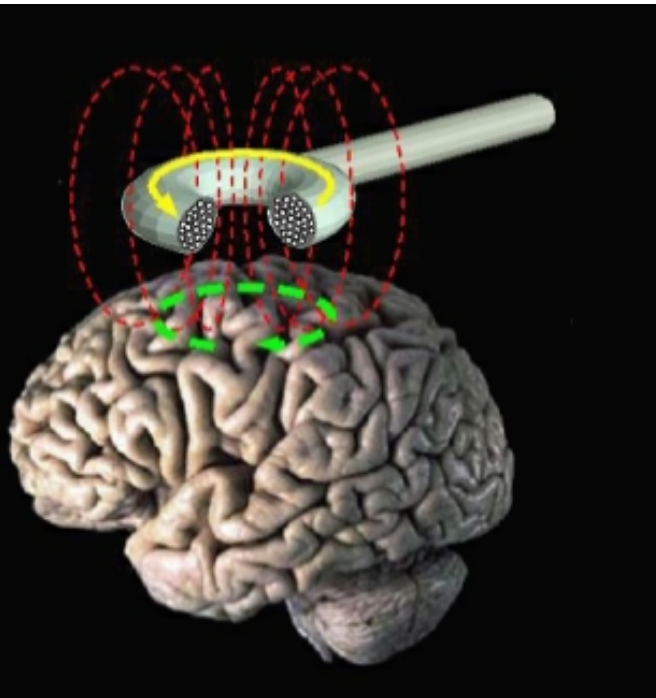
In generale nei manuali di psichiatria, di psicologia o di neurologia, non si parla di volontà e di libertà, sebbene vengano descritte situazioni patologiche in cui vi è una “compromissione” della volontà. Ad esempio *l’abulia* (= *assenza di volontà*) è un sintomo presente in patologie psichiatriche come depressione, schizofrenia, nevrosi, ma è anche un sintomo presente in patologie neurologiche quali forme degenerative fronto-temporali. Molti pazienti schizofrenici sono convinti di essere dipendenti dalla volontà altrui.

Volizione

Volizione - questo termine designa *l'atto della volontà*, il processo nel quale essa si manifesta: si identifica con la volontà quando questa sia considerata come puro atto, mentre se ne distingue quando il volere sia concepito come una facoltà o forma spirituale, la quale si estrinsechi nelle singole volizioni.

Intenzione – stati mentali che descrivono i progetti per un'azione futura

Dinamiche della volizione



Stimolazione magnetica
transcranica (TMS)

Innanzitutto bisogna distinguere il compimento di un' azione dall' effettiva volontà di compiere la medesima azione. Ad esempio con la TMS si provoca il compimento di un atto motorio da parte del soggetto, non “spontaneamente” voluto. Il medesimo atto motorio può però essere compiuto volontariamente dal soggetto.

Cosa differenzia i due atti motori ?

Dove risiede la volontà?

Neurofisiologia sperimentale della volizione

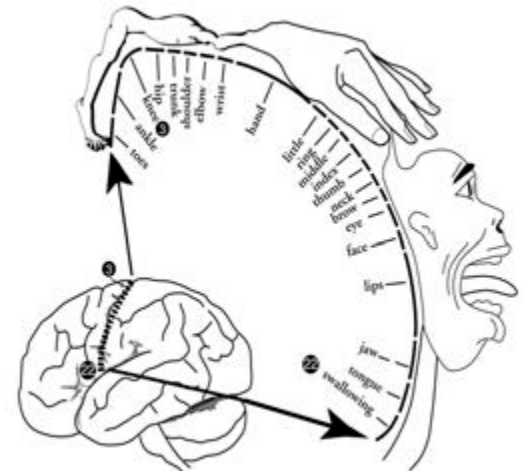
MOVIMENTI INVOLONTARI

riflessi: rappresentano una risposta dei circuiti nervosi ad uno stimolo esterno

automatici*: sono generati da circuiti nervosi indipendentemente da input esterni.

MOVIMENTI VOLONTARI

E' la regione del cervello coinvolta nella pianificazione, nel controllo e nell' esecuzione dei movimenti volontari del corpo, ossia con la funzione di trasmettere i comandi per i movimenti ("motor points" Penfield)



Esperienza soggettiva dell'atto motorio

- L'esperienza cosciente di aver eseguito un movimento è profondamente diversa da quella del soggetto che decide in maniera autonoma di eseguire un atto motorio.
- Di recente sono state scoperte aree corticali (alcune aree del lobo temporale e parietale) la cui attivazione è associata *all'esperienza soggettiva* di essere l'autore di quell'azione, quello che oggi viene definito **sense of agency*** (*desire to move*). V. Chambon, N. Sidarus and P. Haggard : *frontiers in HUMAN NEUROSCIENCE*, 2014 - Review

La corteccia Pre-frontale (CPF)

- Dagli studi di base e clinici è emerso che questa struttura ha assunto il ruolo di *via ultima comune per la volizione umana*.
- La CPF ha una posizione unica nell' economia cerebrale, perché non esiste funzione cognitiva cui sia estranea e non risenta della sua sofferenza.
- La CPF è coinvolta nell' intera attività cognitiva, comportamentale (regole e modalità per scelte coerenti).

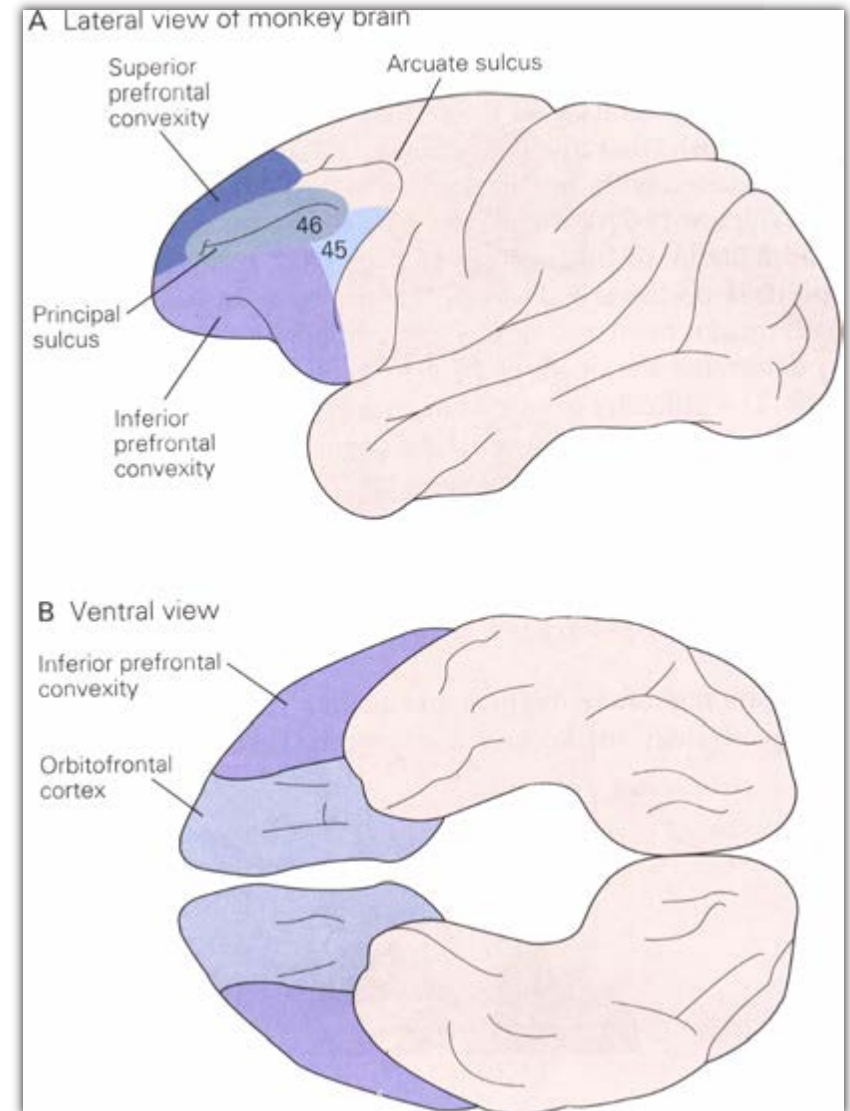
Rappresenta il fulcro delle caratteristiche intellettive, caratteriali, di personalità e stile di vita dell' individuo.

“La corteccia prefrontale”

L'elaborazione dell'atto volitivo finale è compito specifico della corteccia prefrontale.

Generalmente nell'uomo viene suddivisa in **tre aree** maggiori:

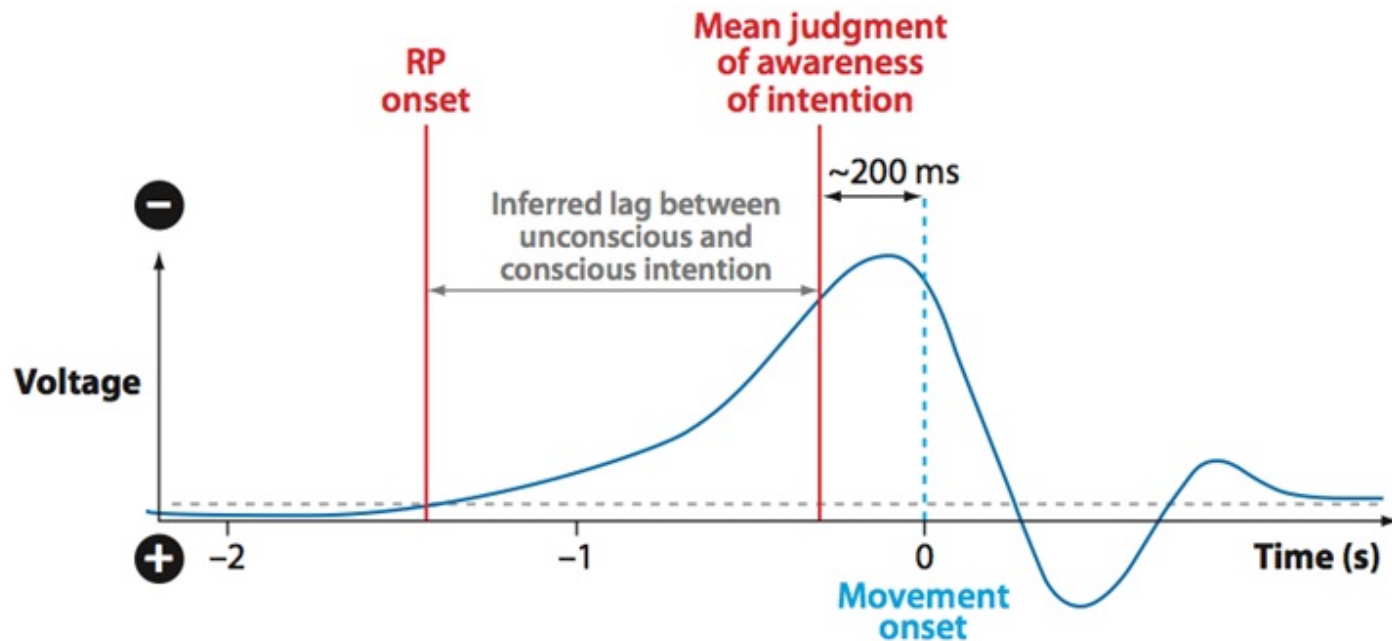
1. Corteccia prefrontale **dorso-laterale**;
2. Corteccia **prefrontale ventro-mediale**;
3. Corteccia **orbito-frontale**, che fa parte del sistema limbico (emozioni).



“Il paradigma di Libet” *Brain, 1983*

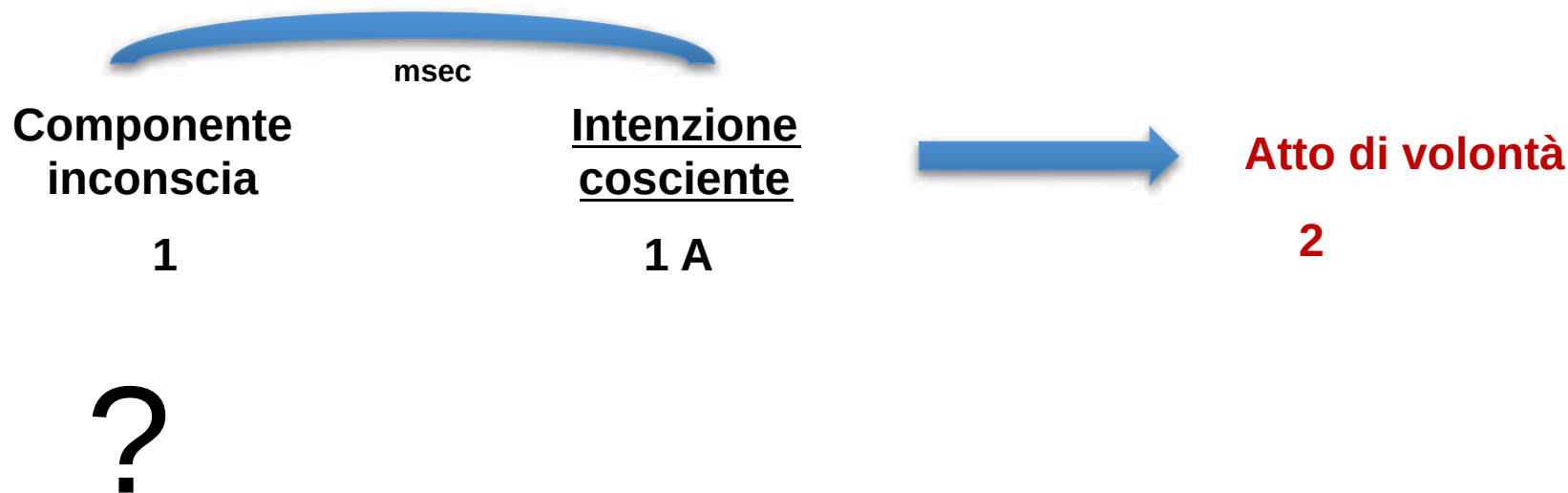
Libet con il suo studio mostrò che il cervello di soggetti chiamati a compiere un movimento volontario mostrava un'attività particolare e riconoscibile già molti millisecondi prima (300-500) che la decisione diventasse cosciente (“Potenziale di Preparazione Motoria” – Readiness Potential - RP).

Il cervello, insomma, agisce prima che la coscienza ne sia consapevole.



La ricerca dopo il “paradigma di Libet”

Se la visione della neurofisiologia tradizionale partiva dal presupposto che l'inizio del movimento volontario fosse diretto/preceduto da un'intenzione conscia, i dati di Libet ne contestano i fondamenti evidenziando un evento/segnale inconscio e autonomo che precede l'intenzione/azione.



Internally Generated Preactivation of Single Neurons in Human Medial Frontal Cortex Predicts Volition

Itzhak Fried,^{1,2,3,*} Roy Mukamel,¹ and Gabriel Kreiman^{4,5}

Alcune aree cerebrali, come l'area supplementare motoria (SMA), vanno incontro ad una progressiva attivazione neuronale in un intervallo di circa 1 sec prima che il soggetto sia conscio della decisione; in taluni casi sono in grado di predire il momento in cui l'atto della volizione si verifica.

**Qual è il substrato neurobiologico
della componente inconscia**



“Default-mode network”

frontiers in
HUMAN NEUROSCIENCE

HYPOTHESIS AND THEORY ARTICLE

published: 21 June 2012

doi: 10.3389/fnhum.2012.00189



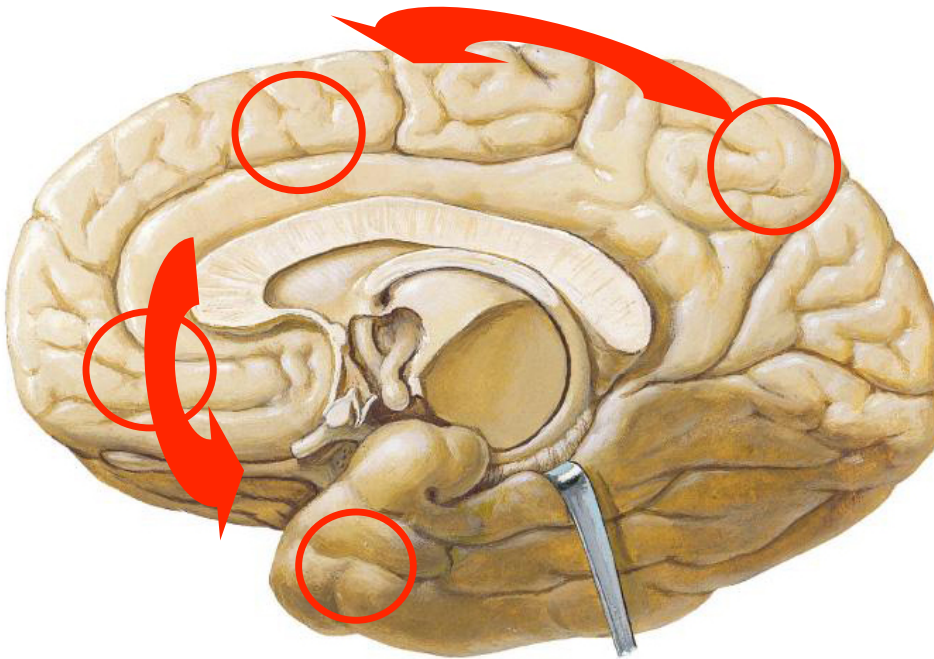
On the relationship between the “default mode network” and the “social brain”

Rogier B. Mars^{1,2,3*}, Franz-Xaver Neubert¹, MaryAnn P. Noonan^{1,4}, Jerome Sallet^{1,2}, Ivan Toni³ and Matthew F. S. Rushworth^{1,2}

- Il **Default-Mode Network** (DMN) è una rete di aree cerebrali maggiormente attive durante il riposo (resting) che vanno incontro ad un calo dell'attività (disattivazione) quando il cervello è chiamato ad eseguire dei compiti.
- È responsabile dell' *attività mentale “basale”* o *“attività di fondo”*, destinata ad un lavoro mentale principalmente introspettivo e di elaborazione e scelte di piani, di giudizio, di progetti e azioni in assenza di stimoli esterni.

Circuiti del modello “DEFAULT”

1. Corteccia prefrontale ventromediale
2. Corteccia prefrontale medio-dorsolaterale
3. Corteccia parietale posteromediale e laterale
4. Corteccia temporale anteriore



Default-mode network e coscienza

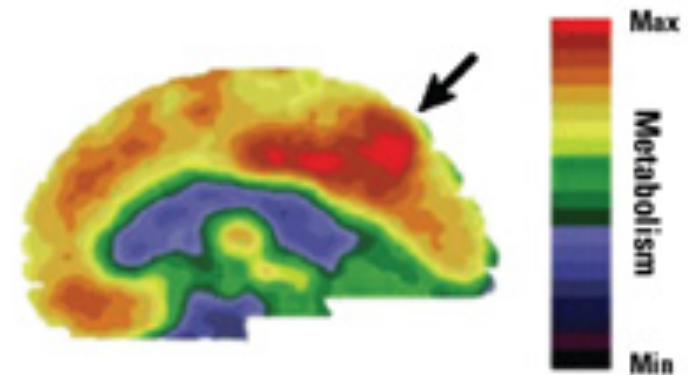
The precuneus and consciousness

Cavanna AE *CNS Spectr.* 2007

- Il **precuneo**, regione corticale parietale, mostra in condizione di riposo un' elevata attività metabolica ("hot spots") che drasticamente si riduce sia durante l' attività mentale che nei disturbi dello stato di coscienza. Si ipotizza che questa area associativa appartenga al network neuronale che genera *la coscienza di sé, processo che verosimilmente si verifica dura il riposo silenzioso.*

FIGURE 2.

The cortical areas associated with the highest resting metabolic rates in the conscious resting state are located in the posteromedial parietal cortex (posterior cingulate cortex and precuneus, arrow)¹⁶



Gusnard DA, Raichle ME, Raichle ME. Searching for a baseline: functional imaging and the resting human brain. *Nat Rev Neurosci.* 2001;2:685-694. Reprinted with permission.

Max=maximum; Min=minimum.

Cavanna AE. *CNS Spectr.* Vol 12, No 7, 2007.

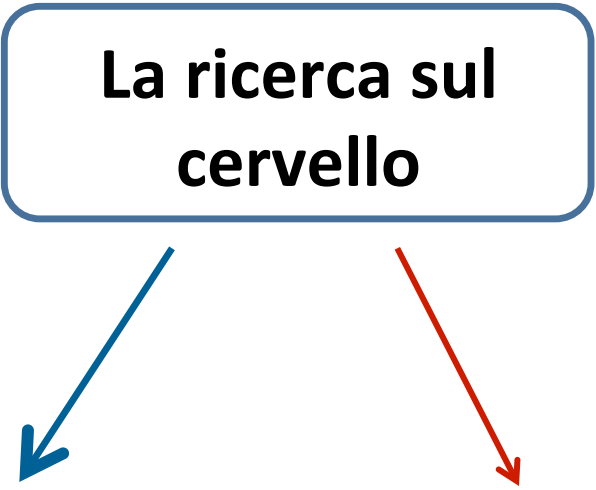
Default-mode Network e volizione

- Le neuroscienze hanno cercato di dimostrare che l'atto della volizione coinvolge una serie di processi differenziati tra loro che rendono possibile il movimento, elaborando ogni singolo passaggio *del “**decision-making**”* partendo da una base inconscia (Hidden or covert intention), che in un certo senso *prepara il soggetto alla volontà* di compiere l'atto motorio. La struttura maggiormente coinvolta è la CPF
- Questa “**attivazione preparatoria inconscia**” (modello del Default Mode Network) potrebbe essere influenzata da input sia esterni (stimoli sensoriali) che interni (emozioni, memoria, attenzione) e non rappresenta un limite alla volontà libera del soggetto bensì potrebbe costituire un **meccanismo facilitatorio basale** al fine di assicurare un compimento adeguato dell'atto di volizione.

“NOI SIAMO IL NOSTRO CERVELLO”

Dick SWABB (2012)

**La ricerca sul
cervello**



```
graph TD; A[La ricerca sul cervello] -- blue arrow --> B[Cause delle malattie psichiatriche e neurologiche]; A -- red arrow --> C[Capire perché siamo come siamo];
```

Cause delle malattie
psichiatriche e
neurologiche

Capire perché siamo
come siamo

ma non solo... (cervello)

Conclusioni

Le neuroscienze, con le tecnologie più avanzate e raffinate, possono arrivare a descrivere i “networks” cerebrali alla base della coscienza e dell’esercizio della volontà, ma non sono in grado di rispondere alla domanda “chi è l’uomo” - unitotalità di corpo e spirito- quale la ragione ultima del suo agire.

- Le Neuroscienze descrivono
 - La Filosofia interpreta
 - La Teologia illumina

Filosofia e Neuroscienze: differenze di pensiero

- La coscienza è inaccessibile all'indagine empirica per una limitazione della capacità cognitiva dell'uomo legata alla sua struttura cerebrale (*Colin McGinn*).
- La coscienza è accessibile all'analisi; è una proprietà emergente del cervello diversa da tutte le altre proprietà cerebrali (*Searle e Nagel*).
- La coscienza non rappresenta un problema ma è il risultato delle operazioni di elaborazioni delle diverse aree del cervello (*Hughlings Jackson, Danien Dennet*).

Strutture coinvolte nella volizione