

## Individualità e coscienza Neuroscienze Cognitive

Cinzia Chiandetti, PhD  
A.A. 2017-2018  
LM-51 M-PSI/02  
941PS 6CFU

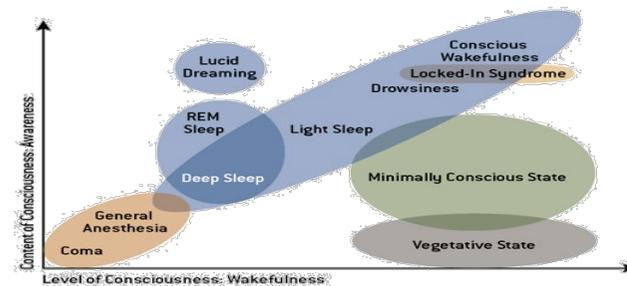
## Coscienza

- Sant'Agostino interrogato su cosa sia il tempo: "Se nessuno me ne chiede, lo so bene: ma se volessi darne spiegazione a chi me ne chiede, non lo so"
- definita nel modo più semplice come tutto ciò che scompare quando cadiamo in un sonno senza sogni e riappare, quasi per magia, quando ci svegliamo o quando sogniamo

## Coscienza

- Decidiamo che un soggetto è cosciente nel caso in cui sia in grado di sostenere una comunicazione convincente con noi.
- Questo metodo è completamente cieco ed insensibile di fronte alla coscienza di un soggetto che sta sognando, o di fronte a quella di un paziente che si risveglia, paralizzato, sul tavolo operatorio (**risveglio intraoperatorio** o **"anestesia cosciente"**). In questo modo il paziente recupera coscienza (e con essa la possibilità di avvertire dolore e sensazioni), ma non è in grado di segnalarlo
- e a quella di centinaia di migliaia di pazienti che, ogni anno, escono dal coma e aprono gli occhi, senza essere in grado di scambiare il benché minimo segnale con il mondo esterno (**stato vegetativo**)

## stati di (in)coscienza



## Coscienza e funzioni cognitive

- COSCIENZA E PERCEZIONE
- In linea di principio, stilando un elenco delle aree la cui lesione elimina l'esperienza di colori, forme, volti, luoghi e così via, si potrebbe produrre il substrato anatomico della visione cosciente. Completare l'elenco per tutte le altre modalità e sottomodaltà sensoriali porterebbe a delineare il substrato anatomico della coscienza nella sua interezza

## Coscienza e funzioni cognitive

- COSCIENZA E LINGUAGGIO
- Non è raro trovare affermazioni autorevoli a supporto del fatto che la coscienza emerga solo in conseguenza dello sviluppo del linguaggio (quindi bambini e animali sono automi incoscienti)
  - Un paziente a causa di una malformazione arterovenosa è stato sottoposto ad un'iniezione di anestetico nella divisione inferiore dell'arteria cerebrale media sinistra, inattivando le regioni temporale posteriore, parietale inferiore e temporo-occipitale laterale dell'emisfero sinistro
    - profonda afasia di Wernicke indistinguibile da quella causata da un ictus, eccetto per la sua natura transitoria (alcuni minuti) e completamente reversibile.
  - Dal resoconto del paziente riguardo all'esperienza vissuta durante la procedura emerge chiaramente non solo come il paziente fosse pienamente cosciente ed in grado di pensare, ma come la sua comprensione della situazione fosse molto migliore di quanto i test linguistici a lui proposti lasciassero presagire

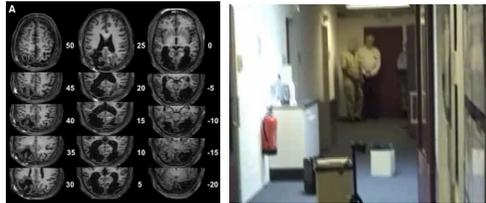
## Coscienza e funzioni cognitive

- COSCIENZA E ATTENZIONE
- spesso trattati come concettualmente equivalenti o come se l'attenzione sia un prerequisito necessario per la coscienza
- Diversi esempi di doppia dissociazione suggeriscono invece che attenzione e coscienza sono processi distinti, seppur profondamente interconnessi
  - blindsight

## Blindsight

- perdita di capacità percettiva per parti limitate del campo visivo (scotomi), connessa ad un danno della corteccia visiva primaria (lesione totale o parziale in V1)
  - Il 'blind' riflette il fatto che questi pazienti sostengono di non vedere gli stimoli presentati nelle regioni cieche del campo visivo
  - Il 'sight' riflette l'abilità dei pazienti, a volte eccellente, di rilevare, localizzare o discriminare gli stimoli "non visti" quando la loro attenzione viene attratta verso la parte cieca del campo visivo

## Blindsight



**Intact navigation skills after bilateral loss of striate cortex**

Stephanie de Gelder<sup>1,2</sup>, Marco Tamargo<sup>1,2</sup>, Geert van Boven<sup>1</sup>, Rainer Goebel<sup>1</sup>, Anselm Seltraie<sup>1</sup>, Jan van den Stock<sup>1</sup>, Bernard M.C. Smeets<sup>1</sup>, Lawrence Weiskrantz<sup>1</sup> and Alan Pegma<sup>1</sup>

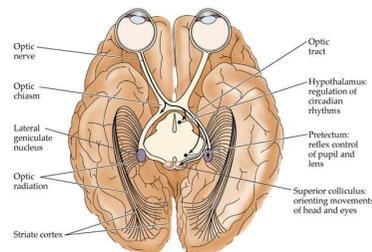
## via geniculostriata e via retinofugale

- La **via recente** passa per il nucleo genicolato laterale e arriva alla corteccia visiva, per poi dividersi ancora una volta in flusso del **come** e flusso del **cosa/dove**
- La **via arcaica** passa per il collicolo superiore, arrivando infine ai lobi parietali
  - Questa via è preposta agli aspetti spaziali della visione: si incarica di stabilire dov'è un oggetto, ma non che cos'è

## Via retinofugale

- Il 10% delle fibre retiniche termina nel:

- **Pretetto** (controllo dei riflessi pupillari)
- **Collicolo superiore** (controllo dei movimenti saccadici dell'occhio)



## Coscienza e funzioni cognitive

- **COSCIENZA E ATTENZIONE**
- spesso trattati come concettualmente equivalenti o come se l'attenzione sia un prerequisito necessario per la coscienza
- Diversi esempi di doppia dissociazione suggeriscono invece che attenzione e coscienza sono processi distinti, seppur profondamente interconnessi
  - blindsight
  - consapevoli di qualcosa senza la necessità di prestare attenzione

## Coscienza e funzioni cognitive

### • COSCIENZA E ATTENZIONE

- Ad esempio, quando ci troviamo a contemplare un cielo blu vuoto, pur in assenza di attenzione selettiva, l'esperienza di esso è vivida.
- Al contrario, quando prestiamo intensamente attenzione a qualcosa, il mondo al di fuori del centro dell'attenzione non cessa di esistere alla coscienza: siamo ancora pienamente in grado di cogliere l'essenza o il contesto complessivo della scena visiva posta di fronte a noi.
- È tipico il caso di come, posti di fronte ad un'immagine proiettata brevemente (meno di 50 millisecondi) e inaspettatamente sullo schermo, i soggetti possano comunque riferire accuratamente una descrizione del suo contenuto complessivo. In questo caso, è molto difficile che l'attenzione cosiddetta top-down possa svolgere un ruolo chiave nel brevissimo tempo necessario per comprenderne l'essenza.

## Coscienza e funzioni cognitive

### • COSCIENZA E MEMORIA di LAVORO

- sono strettamente correlate e possono essere concettualizzate come due diversi aspetti dello stesso processo: l'attenzione seleziona alcuni aspetti di una scena, mentre la memoria di lavoro seleziona gli stessi aspetti in assenza dello stimolo.
- La memoria di lavoro può essere mantenuta per elementi di cui il soggetto non è al momento consapevole, proprio come può esserlo l'attenzione. Ma è indiscutibile che **si possa essere coscienti di qualcosa senza alcun utilizzo della memoria di lavoro**,
  - quando seguiamo il rapido flusso di immagini in un film o a seguito di alcuni disturbi tipicamente associati a lesioni prefrontali, in cui la memoria di lavoro è gravemente compromessa, ma la coscienza è chiaramente preservata

## Coscienza e funzioni cognitive

### • COSCIENZA E MEMORIA EPISODICA

- la coscienza può essere presente anche quando la memoria episodica è compromessa.
- Tipicamente, nelle sindromi neurologiche caratterizzate da amnesia transitoria i pazienti sono evidentemente coscienti: sostengono conversazioni, svolgono compiti complessi, ma in seguito non mostrano alcun ricordo di ciò che hanno fatto (amnesia anterograda). In questi casi, l'ippocampo potrebbe temporaneamente non essere in grado di depositare ricordi a causa di lesioni traumatiche (amnesia globale transitoria), o a seguito di attività convulsiva (amnesia transitoria epilettica).
- Qualora il danno alla formazione ippocampale risultasse permanente, come nel caso delle resezioni bitemporali, la risultante amnesia anterograda sarebbe permanente, ed il paziente sarebbe limitato al presente immediato e al contenuto della sua memoria di lavoro

## Coscienza e funzioni cognitive

### • COSCIENZA E FUNZIONI ESECUTIVE

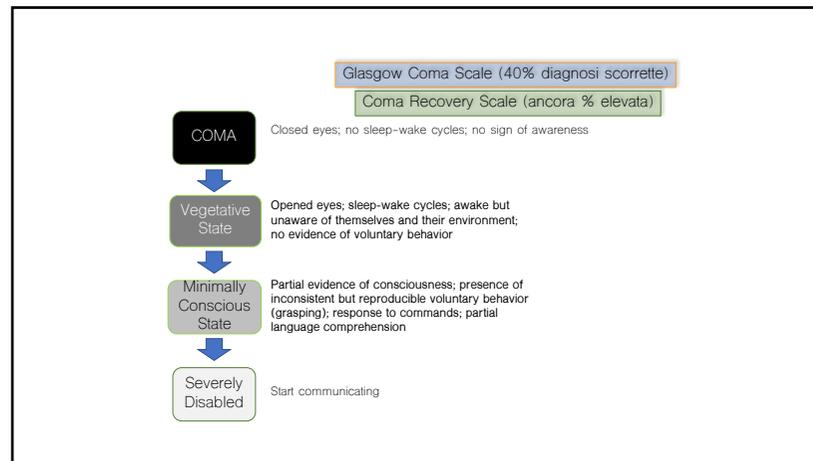
- A causa del suo profilo evolutivo, la corteccia prefrontale è stata tradizionalmente posta in stretta relazione con la coscienza
- i pazienti neurologici con danno prefrontale bilaterale esteso possono avere punteggi grossolanamente carenti nei test neuropsicologici che misurano le funzioni esecutive, ma conservano intatte capacità percettive e sono ovviamente coscienti, e in effetti conducono una vita quasi normale.
- la lobectomia frontale bilaterale completa e le resezioni prefrontali bilaterali di grandi dimensioni, eseguite in passato in alcuni pazienti psichiatrici, non compromettono la coscienza.
- la lobotomia prefrontale e la leucomia, in cui la corteccia prefrontale è disconnessa anatomicamente dai suoi input talamici, non comporta deficit di coscienza.

## Coscienza: come misurarla

- Mentre la nostra esperienza cosciente è un fatto immediato, l'unico di cui possiamo avere certezza, inferire su quella degli altri può essere molto difficile
- Il primo livello: risposte comportamentali a stimoli periferici
- Seguendo scale di valutazione codificate, il medico chiede sistematicamente al paziente di eseguire una serie di risposte e decide che un altro essere umano è cosciente nella misura in cui è in grado di comunicarlo, producendo volontariamente risposte motorie appropriate.
- Questo semplice paradigma stimolo-risposta è affidabile nella maggior parte dei casi, ma è tutt'altro che infallibile.

## Coscienza: come misurarla

- Un caso classico di dissociazione tra esperienza cosciente e comportamento è rappresentato dalla sindrome locked-in:
- i pazienti locked-in sono completamente paralizzati (anche se molti recuperano i movimenti oculari verticali e l'ammiccamento) e, allo stesso tempo, completamente coscienti.
- Secondo stime recenti, circa il 40% dei pazienti che vengono etichettati come non-coscienti sulla base dell'esame comportamentale sono in realtà coscienti.



## Coscienza: come misurarla

- Il secondo livello: risposte neurali a stimoli periferici
- Valutare se un paziente è in grado di reagire in maniera appropriata a comandi diversi indipendentemente dalla sua capacità di muoversi.
- Idealmente, ci servirebbe un modo per leggere direttamente le intenzioni di un individuo, prima che queste si traducano in impulsi discendenti verso i muscoli, prima che si incanalino verso una strada bloccata, una via senza uscita

## Coscienza: come misurarla

- Adrian Owen, ha messo a punto un paradigma di immaginazione motoria attraverso la tecnica di risonanza magnetica funzionale (fMRI).
- L'esperimento, testato dapprima su soggetti sani, si basa sull'idea che sia possibile capire se un soggetto risponde volontariamente a dei comandi specifici relativi a compiti motori anche complessi (immagina di giocare a tennis, immagina di aggirarti per la tua casa) senza che egli debba eseguire l'azione, bensì registrando direttamente le risposte metaboliche dei neuroni corticali alle varie richieste.
- Osservando le mappe di attivazione neuronale in tempo reale gli scienziati possono sistematicamente stabilire se il soggetto stia immaginando di giocare a tennis, o se invece stia immaginando di aggirarsi nel proprio appartamento.

## Coscienza: come misurarla

- Lo stesso paradigma, applicato ad una paziente con diagnosi di stato vegetativo ha mostrato risultati sorprendenti.
- Le stesse attivazioni cerebrali riscontrate nei soggetti sani erano presenti anche nella paziente a dispetto della sua incapacità di mostrare segni comportamentali di coscienza (Owen et al., 2006)
- possibile addirittura recuperare un canale di comunicazione con questi pazienti, chiedendo per esempio di immaginare di giocare a tennis se la risposta a una domanda fosse stata "sì" o di camminare per casa se la risposta fosse stata "no".

## Coscienza: come misurarla

- E' possibile allora utilizzare questi paradigmi per risolvere, una volta per tutte, il caso della coscienza dopo il coma? Purtroppo no. Come dimostrato dagli stessi lavori di Owen e colleghi, sono troppi (più dell'80%) i soggetti cerebrolesi che recuperano coscienza senza, tuttavia, essere in grado di produrre volontariamente attivazioni neuronali specifiche nello scanner
- Compito difficile per chi ha sofferto gravi danni cerebrali:
  - afasici, non sono in grado di comprendere le istruzioni
  - stato psicofisico (dolore, depressione, demotivazione, confusione, delirio) tale da non avere alcun interesse a partecipare
  - riserve di attenzione necessarie per concentrarsi a lungo,
  - portatori di lesioni che mettono fuori gioco proprio le aree cerebrali che sono coinvolte nello specifico compito richiesto.

## Coscienza: come misurarla

- potenziale evocato tardivo (P300)
- Questa risposta elettroencefalografica si presenta come una deflessione positiva, con una latenza tra i 300 e i 600 ms dalla presentazione di stimoli sensoriali rilevanti ed è elicitata classicamente da un paradigma cosiddetto "oddball" o "unico".

## Coscienza: come misurarla

- Tuttavia, per quanto suggestiva, questa proposta incontra due problemi fondamentali.
- In primo luogo, non è chiaro in quale misura queste risposte corticali tardive riflettano il livello di attenzione verso lo stimolo somministrato e/o le funzioni esecutive rivolte al compito piuttosto che il livello di coscienza. Sperimentalmente, la P300 scompare anche in soggetti pienamente coscienti, non appena questi ultimi cessano di prestare attenzione allo stimolo. Essa, pertanto, non sembra soddisfare il criterio della necessità.
- In secondo luogo, questa risposta corticale è soggetta alla stessa limitazione delle risposte comportamentali: può infatti essere assente anche in un soggetto cosciente, semplicemente perché le vie sensoriali - periferiche o centrali - sono interrotte o disfunzionali.

## Coscienza: come misurarla

- **Il terzo livello: l'attività dei neuroni**
- individuare quegli aspetti dell'attività neuronale che correlano, in tutto e per tutto, con la presenza della coscienza, i cosiddetti correlati neurali della coscienza
- se un processo fisico segnala infallibilmente la differenza tra un soggetto cosciente e uno incosciente in condizioni note e controllabili, la presenza di questo stesso processo nel cervello di un paziente completamente non contattabile deve essere presa come un segno inequivocabile di coscienza

## Coscienza: come misurarla

- **Il terzo livello: l'attività dei neuroni**
- Il primo candidato risiede nei livelli globali di attività spontanea del cervello, ossia quella che i neuroni generano in assenza di stimolazioni
- il livello di attivazione elettrica (registrata con l'EEG) o metabolica (registrata con fMRI o PET) dovrebbe correlare strettamente con la presenza o meno di coscienza, indipendentemente dal comportamento, dal livello di attenzione e dall'integrità delle vie di senso.
- In realtà, studi più recenti hanno dimostrato che anche questa correlazione è molto inaffidabile
  - ad esempio durante anestesia generale e durante le crisi epilettiche generalizzate non c'è coscienza in un cervello che è addirittura iperattivo.

## Coscienza: come misurarla

- **Il terzo livello: l'attività dei neuroni**
- Una possibilità alternativa è che l'attività in alcune regioni del cervello privilegiate possa essere cruciale per la coscienza (lobi frontali)
- Tuttavia i dati suggeriscono che le porzioni corticali frontali possano svolgere un ruolo prominente nella riflessione, nella memoria di lavoro, nell'attenzione e nell'esecuzione di molti compiti cognitivi, ma non siano necessari per la coscienza.
- In effetti, studi recenti mostrano che l'area con la più forte correlazione tra le diminuzioni dell'attività cerebrale e la perdita di coscienza si trova nella corteccia postero-mediale.
- Benché questa correlazione risulti statisticamente significativa a livello di gruppo e indichi la possibile esistenza di una zona corticale posteriore sensibile al livello di coscienza, non fornisce ancora una prova sufficiente per lo sviluppo di un indice obiettivo affidabile da applicare al singolo soggetto in assenza di comportamento esplicito.

## Coscienza: come misurarla

- Il terzo livello: l'attività dei neuroni
- Negli ultimi anni è emersa l'idea che la variabile rilevante per la coscienza non sia quanto i neuroni sono attivi, ma piuttosto il modo in cui sono attivi.
- In particolare, è stato ipotizzato un legame tra il grado di sincronizzazione delle oscillazioni EEG e il livello di coscienza. Questa ipotesi deriva da una precisa osservazione sperimentale: la percezione cosciente di un oggetto complesso, come un volto, è accompagnata dalla produzione di onde rapide di attività elettrica che sono sincrone in diverse aree della corteccia cerebrale.
- Quest'osservazione è molto interessante e suggerisce che per percepire un oggetto composto di molti dettagli (occhi, naso, bocca, mimica) è importante che neuroni corticali anche molto lontani tra loro, che elaborano diverse caratteristiche (linee orizzontali, verticali, colori, movimento), si coordinino reciprocamente.

## Coscienza: come misurarla

- Una teoria recentemente sviluppata da Giulio Tononi, chiamata teoria dell'informazione integrata (IIT)
- prende spunto dall'osservazione delle due proprietà fondamentali dell'esperienza soggettiva e suggerisce che la capacità del cervello di generare coscienza dipende da un bilancio ottimale tra **informazione e integrazione**, ovvero, da un delicato equilibrio tra diversità e unità nei circuiti che lo compongono
- Il principio generale enunciato dalla teoria è che la coscienza corrisponde alla capacità di integrare informazione

## Coscienza: come misurarla

- teoria dell'informazione integrata (IIT)
- una misura dell'informazione integrata, chiamata  $\phi$  ( $\Phi$ , dove la barra verticale della lettera greca indica l'informazione e il cerchio l'integrazione)
- Simulazioni al computer, effettuate su sistemi estremamente semplici hanno dimostrato che l'integrazione dell'informazione è ottimizzata (valore di  $\Phi$  elevato) quando gli elementi di un insieme sono connessi in modo tale da essere allo stesso tempo funzionalmente specializzati (i pattern di connessione sono differenti per elementi differenti) e funzionalmente integrati (tutti gli elementi possono essere raggiunti da tutti gli altri elementi).
- Se la specializzazione funzionale è persa sostituendo una connettività eterogenea con una omogenea, oppure se l'integrazione funzionale è persa riarrangiando le connessioni a formare piccoli moduli indipendenti, il valore di  $\Phi$  diminuisce considerevolmente

## Coscienza: come misurarla

- tra le varie strutture del cervello, il sistema talamocorticale è speciale per quanto riguarda la coscienza
- esso è naturalmente organizzato in modo da enfatizzare contemporaneamente sia la specializzazione funzionale sia l'integrazione funzionale.
  - Da una parte, il sistema talamocorticale, comprende un vasto numero di elementi che sono funzionalmente specializzati, attivandosi in differenti circostanze. Questo è vero a molteplici livelli, dai differenti sistemi corticali che si occupano della vista, dell'udito, alle differenti aree corticali che si occupano di forma, colore, movimento, ai differenti gruppi di neuroni che rispondono a differenti direzioni di moto.
  - Allo stesso tempo, gli elementi specializzati del sistema talamocorticale sono integrati attraverso un esteso network di connessioni intra-corticali il quale permette una rapida ed efficace interazione tra le aree.

## Coscienza: come misurarla

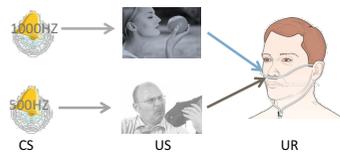
- Quando ci addormentiamo, quando sogniamo, quando veniamo anestetizzati e ci risvegliamo, la coscienza si riduce, cambia, sparisce e ritorna, ma l'architettura del cervello è sempre la stessa. In tutti questi casi, la semplice osservazione anatomica delle strutture nervose non può dirci granché. Eppure, quando l'intero universo cosciente cessa per qualche ora di esistere, qualcosa deve per forza cambiare nel funzionamento del sistema talamocorticale, nell'attività dei neuroni. Che cosa? Secondo la teoria, **le fluttuazioni della coscienza sono dovute a temporanee variazioni nella capacità dei neuroni talamocorticali d'integrare informazione**

## coscienza

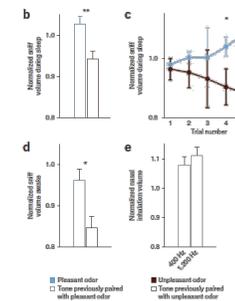


- Se sei disconnesso, l'impulso rimane localizzato (la perturbazione registrata dall'EEG rimane dove è somministrato l'impulso).
- Durante il sonno, quando in REM l'impulso si propaga; quando in stato profondo (3-4) l'impulso rimane localizzato.
- Anche in pazienti in stato vegetativo si riscontra un impulso localizzato; in minima coscienza, l'impulso si propaga – più o meno a seconda dello stato.
- La coordinazione dell'attività tra la corteccia cingolata posteriore e la corteccia prefrontale mediale era significativamente diversa tra i pazienti che sono usciti dal coma e quelli che sono rimasti (3 mesi dopo il trauma) in stato vegetativo o di minima coscienza.
- La coordinazione tra le due aree era la medesima tra partecipanti sani e Ss che sono usciti dallo stato comatoso.

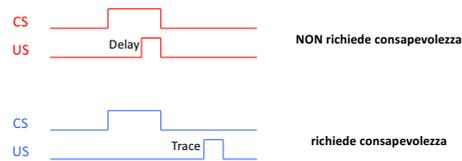
## Condizionamento classico nel sonno: implicazioni per apprendimento e coscienza



## Condizionamento classico nel sonno: implicazioni per apprendimento e coscienza



## Delay e trace conditioning: implicazioni per la coscienza



*Clinically defined vegetative state patients  
can acquire trace (eye-blink) conditioning*

## Il controllo dell'azione

- siamo consapevoli della rappresentazione percettiva
- siamo consapevoli della decisione
- siamo consapevoli della sequenza di movimenti (non siamo consapevoli del programma motorio)
- siamo consapevoli del risultato finale (non siamo consapevoli dell'esecuzione dei singoli movimenti)

## Il controllo dell'azione

- punto cruciale è la sequenza temporale dei processi mentali: siamo sicuri che la decisione di compiere l'azione abbia preceduto la programmazione e l'esecuzione (libero arbitrio)
- Libet (1985) registra attività aree motorie e prem
- consegna: fletti il dito quando ne senti il desiderio
- e riferisci la posizione del punto luminoso che si muove sul quadrante nel momento in cui c'è la decisione cosciente

## Il controllo dell'azione

- **RISULTATO OVVIO**
  - Il momento in cui il S decide di flettere il dito ANTICIPA il momento in cui flette il dito (0+EMG)



- ci saremmo potuti attendere che il momento dell'insorgere dell'esperienza di avere deciso di muovere il dito precedesse l'attivazione delle aree cerebrali dalle quali il movimento dipende (0+EEG+EMG)

## Il controllo dell'azione

- **RISULTATO MENO OVVIO** (all'epoca)
  - le premotorie e motorie si attivano 350ms PRIMA dell'insorgere del desiderio di muovere la mano
  - il movimento della mano inizia 150ms DOPO l'attivazione delle corrispondenti aree cerebrali



## Dualismo?

- Leggi fisiche spiegano il comportamento della materia
- e soprattutto lo possono predire
- cervello è altrettanto "materia"
- non possediamo modelli abbastanza sofisticati o con la necessaria potenza di calcolo per predire il comportamento dei neuroni.

*Prima si attiva la materia,  
poi la mente prende coscienza  
di aver deciso*