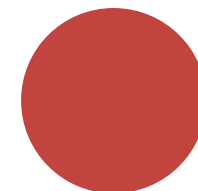


A solid red vertical bar.

Le visioni mediche sulla coscienza

Un percorso tra medicina e neuroscienze per comprendere che cos'è, oggi, la coscienza dal punto di vista medico



Come è organizzato l'intervento

- 1 Significati della coscienza nei vari ambiti
- 2 Coscienza in medicina: visioni e scuole a confronto
- 3 Basi anatomico-neurali della coscienza
- 4 Aspetti clinici, casi reali, la coscienza nascosta, implicazioni cliniche e intelligenza artificiale

1

I molti significati della coscienza

- **Medicina**: **vigilanza** (arousal) + **consapevolezza** (awareness)
 - **coscienza normale, alterazioni dello stato di coscienza, confusione, sonnolenza, stupor, coma**
- **Neuroscienze**: perché l'attività cerebrale genera un'esperienza soggettiva
 - **come fa l'attività fisica del cervello a produrre l'esperienza di “sentire” qualcosa**
 - a) **coscienza fenomenica** (l'esperienza soggettiva vera e propria: come si prova il dolore, come appare il rosso),
 - b) **coscienza d'accesso** (un'informazione disponibile per ragionamento, memoria, linguaggio, decisione — Block, 1995),
 - a) **autocoscienza** (riconoscersi come soggetto distinto)
 - b) **consapevolezza corporeo-ambientale**
- **Psicologia**: **consapevolezza di sé e metacognizione**
 - a) **consapevolezza** dei propri stati mentali, emozioni, pensieri - (percezione, attenzione, memoria, consapevolezza di sé)
 - b) la capacità di riflettere sui propri pensieri (**metacognizione**). La differenza tra *provare ansia* e *rendersi conto di provare ansia riflettendo sulle sue cause* è la differenza tra un primo e un secondo livello di consapevolezza.

In sintesi

Ambito	Cosa si intende principalmente per "coscienza"
Medicina	Stato di vigilanza e capacità di essere consapevoli e responsivi
Neuroscienze	Esperienza soggettiva prodotta o correlata all'attività cerebrale
Psicologia	Consapevolezza di sé, dei propri processi mentali e dell'ambiente
Filosofia	Il problema di perché un processo fisico sia vissuto dall'interno come qualcosa

“essere coscienti” non significa sempre la stessa cosa

-in medicina si riferisce soprattutto allo stato di veglia;

-nelle neuroscienze e in filosofia il problema diventa **“che cosa significa avere un’esperienza soggettiva?”**.

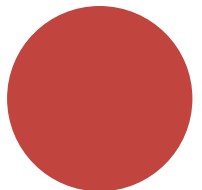
2

Coscienza in ambito medico

Visioni e scuole a confronto

"Ognuno di noi è una biografia singolare, che viene scritta continuamente, inconsciamente, da noi stessi e attraverso di noi. La coscienza è il regista di questa storia.

Oliver Sacks



In medicina

All'interno della medicina stessa, “coscienza” non ha un'unica accezione, ma cambia a seconda della tradizione clinica che la definisce e del problema pratico che deve risolvere.

2.1

La tradizione neurologico-clinica

- Domanda guida: **"è sveglio, presente, in grado di interagire con il mondo?"**

È lo sguardo con cui i soccorritori valutano un uomo coinvolto in un incidente — se apre gli occhi, riconosce dove si trova, risponde correttamente, è cosciente; se non apre gli occhi, non risponde alla voce, non reagisce agli stimoli, la sua coscienza è gravemente compromessa.

la coscienza come consapevolezza di sé e dell'ambiente, organizzata in categorie di tempo e spazio

— una definizione operativa, pensata per l'uso clinico, non per risolvere il problema filosofico.

- Riferimento storico: Plum e Posner (1983)
- Sistematizzazione terminologica: Zeman (2001) — vigilanza, esperienza soggettiva, consapevolezza cognitiva

Fonte: Plum F., Posner J.B., *The Diagnosis of Stupor and Coma*, 3rd ed., F.A. Davis, 1983 (poi Posner J.B., Saper C.B., Schiff N.D., Plum F., 4th ed., Oxford University Press, 2007; trad. it. *Stupor e coma*, Raffaello Cortina). Fonte: Zeman A., "Consciousness", *Brain*, 124(7), 2001, pp. 1263-1289.

2.2

La tradizione anestesiologicala

Per l'anestesista la coscienza non è uno stato da diagnosticare una volta, ma una variabile continua da indurre, mantenere e monitorare in tempo reale durante una procedura.

La coscienza come variabile continua da indurre, mantenere, monitorare

Ha prodotto gli strumenti quantitativi più rigorosi (indici EEG, Perturbational Complexity Index (PCI))

- "Assenza di risposta comportamentale" non equivale ad "assenza di esperienza"

Cioè una persona può non mostrare alcuna risposta osservabile senza che possiamo concludere che non stia vivendo alcuna esperienza interna

- Per esempio, un paziente può essere incapace di parlare o muoversi, ma conservare percezioni, pensieri o una certa consapevolezza.
- **Per questo, in medicina, assenza di comportamento osservabile ≠ necessariamente assenza di coscienza.**

2.3

La tradizione neuroscientifico-cognitiva

Domanda guida: "c'è qualcuno che sta vivendo questa esperienza?"

- Una telecamera registra un tramonto ma non lo "vede"

Una telecamera che registra un tramonto riceve informazioni su luce, colori, forme

— ma, per quanto ne sappiamo, non prova nulla.

- Una persona che guarda lo stesso tramonto elabora gli stessi dati fisici, ma in più vede il tramonto: c'è qualcosa che significa, dall'interno, fare esperienza di quella scena.
- La domanda neuroscientifica diventa quindi: **quali processi cerebrali fanno sì che un'informazione non sia soltanto elaborata, ma anche vissuta soggettivamente?**
- Ha prodotto il programma dei Neural Correlates of Consciousness



Crick F., Koch C., Seminars in the Neurosciences, 1990

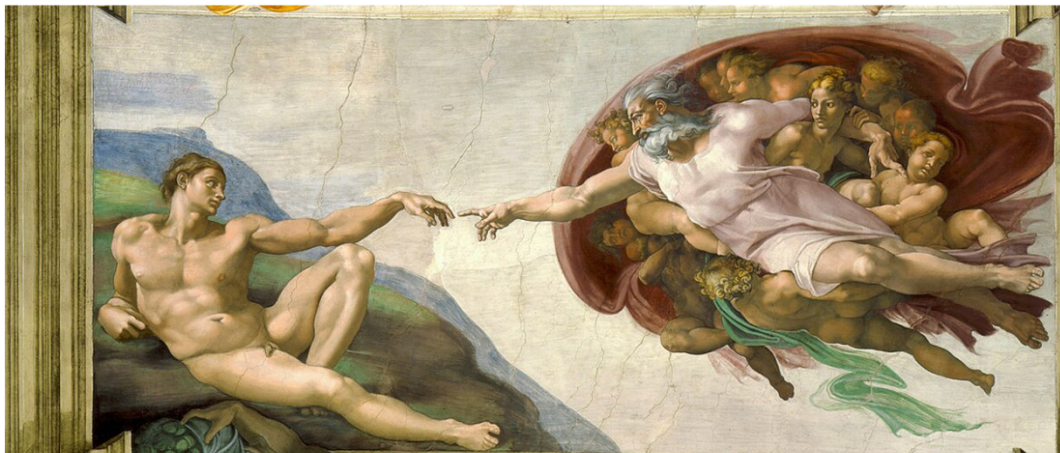
2.4

La tradizione psichiatrico-psicopatologica

- La coscienza può alterarsi qualitativamente pur restando "vigile"
- la coscienza non si valuta solo come presente/assente, ma come funzione che può alterarsi qualitativamente pur restando "vigile" — è il caso del delirium, dove l'arousal può restare relativamente preservato ma l'attenzione e l'awareness sono disorganizzate e fluttuanti nell'arco delle ore

3

Basi anatomico-neurali della coscienza



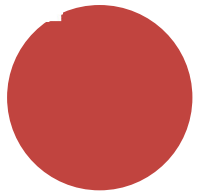
Creazione di Adamo - Michelangelo Buonarroti - 1511



Cervello umano



Dio della Sistina



3.1

Non esiste un "centro della coscienza"

- **NESSUN PUNTO UNICO INDICABILE COME "QUI SI TROVA LA COSCIENZA"**

ma

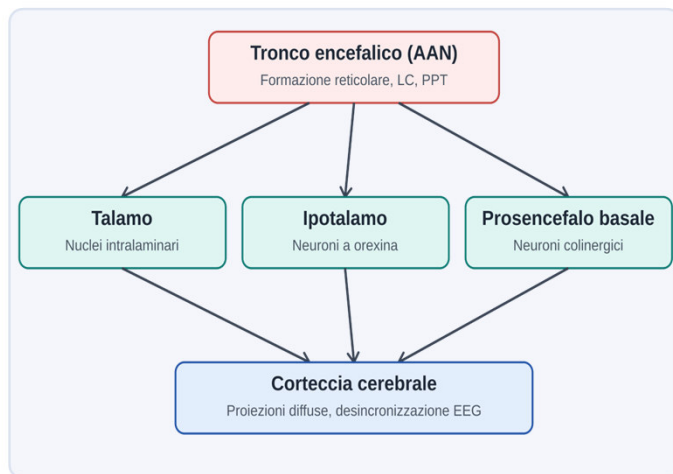
una rete **di sistemi interconnessi** organizzabile in due grandi componenti anatomiche:

- i sistemi che sostengono ***il livello di attivazione (essere svegli)***
- i sistemi che costruiscono ***il contenuto (di che cosa siamo coscienti).***

3.2

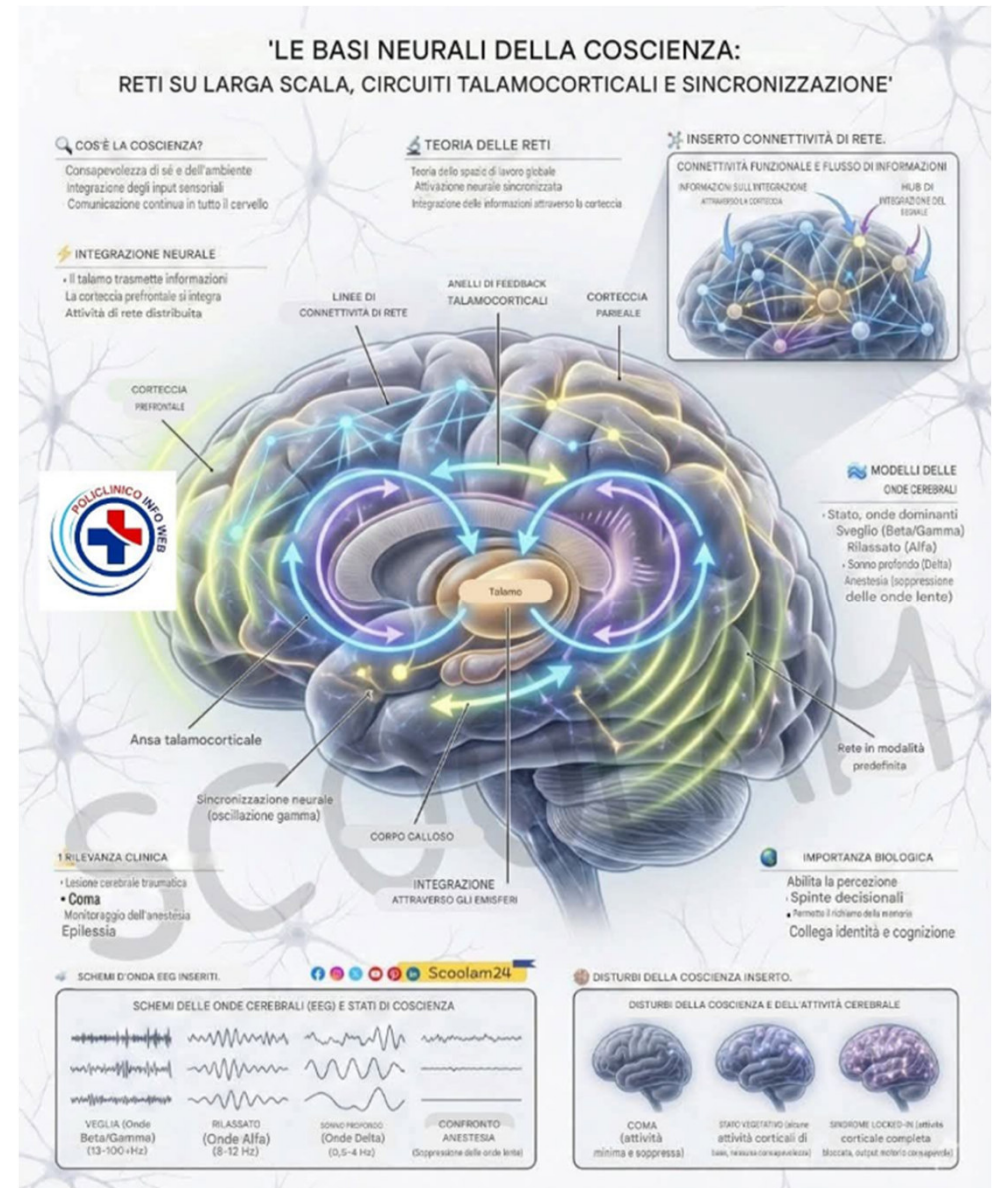
Il sistema dell'arousal

- Formazione reticolare del tronco encefalico → talamo, ipotalamo, prosencefalo basale → corteccia
- Oggi mappato come **Ascending Arousal Network** (Edlow, 2012 e 2023)
- Regola il passaggio tra **veglia, sonno e stati di ridotta coscienza**



Edlow B.L. et al., J. Neuropathol. Exp. Neurol., 2012; Science Translational Medicine, 2023

Sfogliarini R - Le visioni mediche sulla coscienza 2026 Uni-Crema

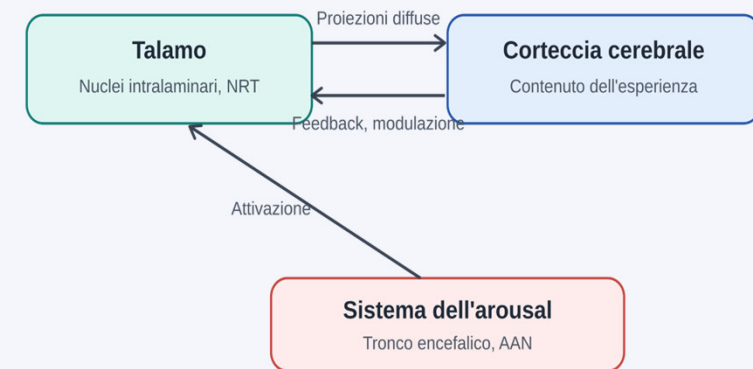


3.3

Il talamo: non una semplice stazione di passaggio

- Nuclei intralaminari: ricevono dall'AAN, proiettano diffusamente alla corteccia
- Nucleo reticolare del talamo: un "cancello" inibitorio
- Dialogo continuo talamo ↔ corteccia, non un passaggio a senso unico

la coscienza sembra dipendere non tanto dall'arrivo di un segnale in una regione, quanto dalla possibilità che informazioni diverse vengano integrate, coordinate e rese disponibili a più sistemi



Fang Z., Dang Y., Ping A. et al., "Human high-order thalamic nuclei gate conscious perception through the thalamofrontal loop", *Science*, 388(6742), eadr3675, 2025 —
Kronemer S.I. et al., "Human visual consciousness involves large scale cortical and subcortical networks independent of task report and eye movement activity", *Nature Communications*, 13(1), 2022
Whyte C.J., Redinbaugh M.J., Shine J.M., Saalman Y.B., "Thalamic contributions to the state and contents of consciousness", *Neuron*, 112(10), 2024, pp. 1611-1625

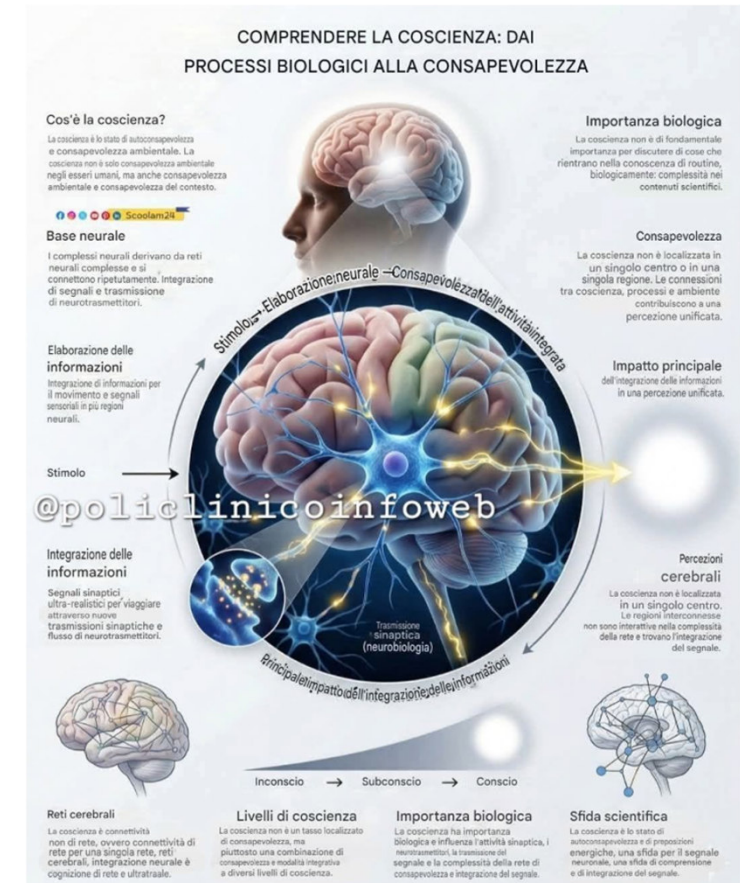
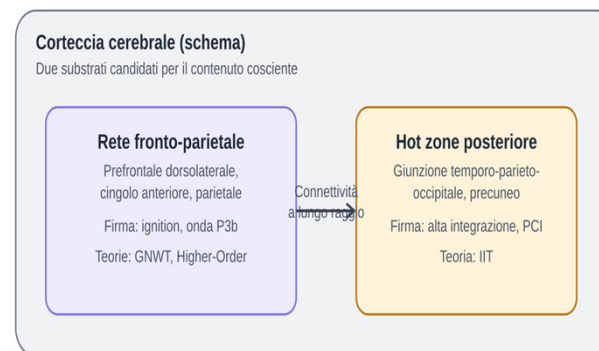
3.4

La corteccia cerebrale: due reti candidate

- Rete fronto-parietale: trasmissione globale dell'informazione (ignition)
- "Hot zone" posteriore: alta connettività ricorrente locale

un esperimento multicentrico pubblicato su Nature ha messo alla prova entrambe le ipotesi: né l'ignition frontale né la sincronizzazione posteriore sostenuta sono state pienamente confermate nella loro forma più forte

la mappa anatomica del contenuto cosciente è ancora provvisoria.



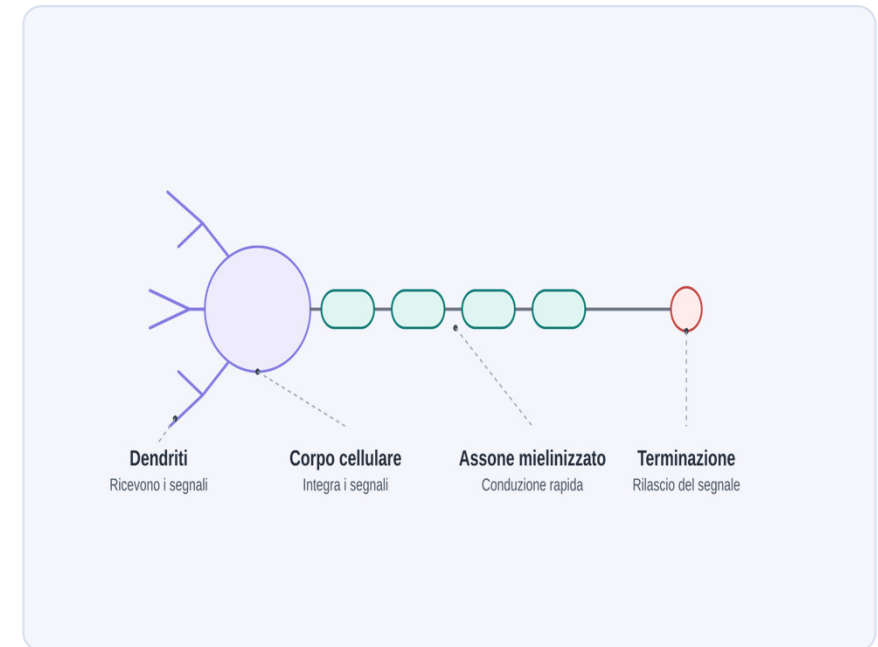
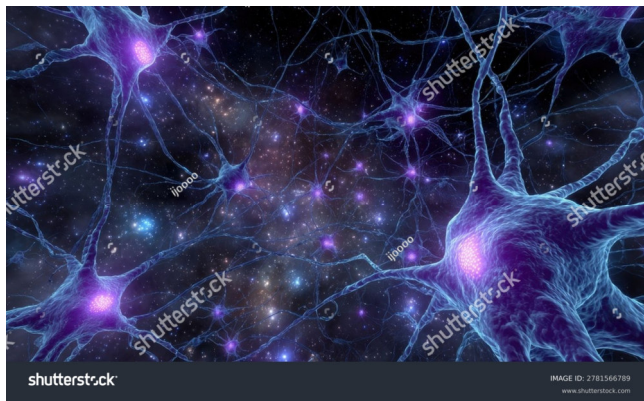
Fonte: Ferrante O. et al. (Cogitate Consortium), "Adversarial testing of global neuronal workspace and integrated information theories of consciousness", *Nature*, 2025

Sfogliarini R - Le visioni mediche sulla coscienza 2026 Uni-Crema

3.5

Dal singolo neurone alla rete

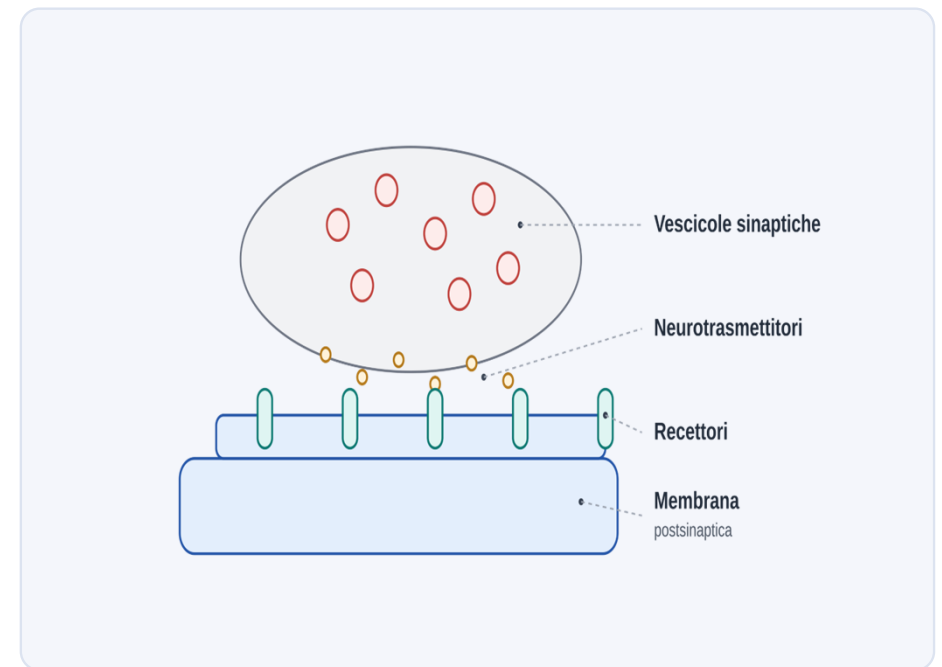
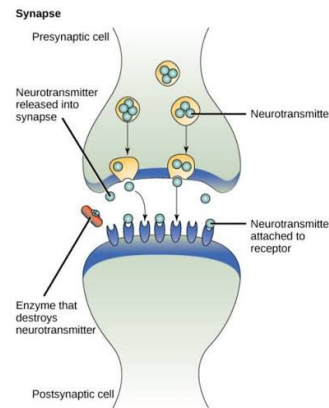
- Dendriti ricevono, corpo cellulare integra, assone conduce
- Superata una soglia: potenziale d'azione
- Mielina e nodi di Ranvier accelerano la conduzione



3.5

La sinapsi chimica

- Il segnale elettrico diventa segnale chimico
- Vescicole → neurotrasmettitori → recettori postsinaptici
- Un pensiero non risiede in un neurone, ma in reti distribuite



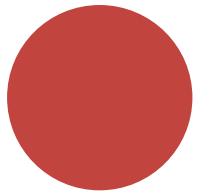
4

Aspetti della coscienza in ambito medico

dalla teoria ai casi clinici

Un uomo ha bisogno di un racconto interiore continuo per mantenere la sua identità, il suo sé... Per essere noi stessi dobbiamo avere noi stessi – possedere la nostra storia vissuta. «

Oliver Sacks



Cinque casi clinici per studiare la coscienza

1 Kate Bainbridge 1997-1998 · PET

Anamnesi

Insegnante di 26 anni. Malattia simil-influenzale, poi encefalite.

Storia clinica

Coma, poi stato vegetativo per mesi. PET: il cervello riconosce i volti dei familiari. Recupero parziale.

2 Paziente Owen 2006 2005-2006 · fMRI

Anamnesi

Donna di 23 anni. Incidente stradale con grave trauma cranico (luglio 2005).

Storia clinica

Stato vegetativo a 5 mesi. In fMRI immagina tennis e casa, con attivazioni simili a quelle dei volontari sani.

3 Scott Routley 2012 · fMRI

Anamnesi

Canadese, 39 anni. Incidente d'auto a 26 anni (1999) con trauma cranico.

Storia clinica

Vegetativo da 12 anni. In fMRI risponde Sì (tennis) o NO (casa): non ha dolore. Al letto resta clinicamente vegetativo.

4 Rory Curtis Agosto 2012 · risveglio dal coma

Anamnesi

Calciatore semiprofessionista, 25 anni. Incidente stradale, grave trauma cranico.

Storia clinica

Coma indotto di 6 giorni. Al risveglio parla francese e si crede un attore. Dimesso a novembre 2012.

5 Martin Pistorius 1987-2001 · osservazione clinica

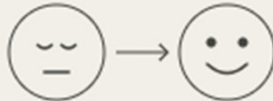
Anamnesi

Sudafricano, 12 anni (1987). Meningite con grave danno cerebrale; perde progressivamente parola e movimento.

Storia clinica

Dato per vegetativo, assistito a casa. Consapevole dai 16 anni circa, ma immobile e muto. A 25 anni circa un'operatrice nota segni di intenzionalità: valutazione e comunicazione assistita. Oggi laureato, autore di *Ghost Boy* (2011).

Cinque casi clinici per studiare la coscienza

Coscienza nascosta Bainbridge · Science · Routley	
	
PET fMRI	
Fuori	nessuna risposta visibile
Dentro	coscienza presente e intenzionale
Durata	da mesi ad anni
Scoperta	neuroimmagini (PET, fMRI)
Coscienza presente ma invisibile	
Martin Pistorius 1987-2001	
	
osservazione	
Fuori	immobile e muto, dato per vegetativo
Dentro	consapevole dai 16 anni circa
Durata	oltre 10 anni dalla malattia
Scoperta	un'operatrice nota segni intenzionali
Coscienza presente, scoperta senza esami	
Rory Curtis Agosto 2012	
	
Bonjour	
Fuori	si sveglia e parla
Dentro	coma indotto
Durata	6 giorni
Scoperta	al risveglio
Coscienza che torna e si vede	



Perché è importante lo studio della coscienza?

I casi sollevano tre domande fondamentali:

1. Coscienza: una persona può essere viva biologicamente senza mostrare segni osservabili di consapevolezza?
2. Autocoscienza: se una persona non può comunicare, come possiamo stabilire se sia consapevole di sé?
3. Bioetica: chi può decidere per una persona incapace di esprimere la propria volontà?

Il caso di Rory Curtis

- Rory Curtis a seguito di un incidente stradale rimase in coma per 6 giorni. Quando si svegliò dal coma, non sapeva dove si trovasse. Non sapeva come ci fosse arrivato. Non ricordava il suo passato da promettente attaccante adolescente nell'accademia del Manchester United; né la lenta fine della sua carriera calcistica; né l'incidente. Quando gli occhi si aprirono:



Era convinto di essere Matthew McConaughey: si risvegliò del tutto persuaso di essere il celebre attore hollywoodiano. Nella sua mente non c'era il minimo dubbio: era convinto di trovarsi in ospedale temporaneamente e pensava già a quando sarebbe potuto uscire per tornare sul set a girare film. Quando finalmente si guardò allo specchio per la prima volta, subì un forte shock poiché il riflesso non corrispondeva affatto alle sembianze dell'attore e non riusciva a comprendere chi stesse guardando.

- iniziò a parlare, un francese fluente.** Pur essendo di Birmingham e non avendo più studiato il francese dai tempi delle scuole medie (in cui peraltro non eccelleva), Rory iniziò a parlare un francese perfetto e fluente.

Rory Curtis: Amateur footballer who woke from a coma speaking fluent French

1 June 2020



Rory Curtis, far right, is pictured with Aisling Clarkson (second left), one of the nurses who helped in his recovery

Ryan Baldi
BBC Sport

La letteratura scientifica consente di affermare che:

1. Il delirio di identità (Pensare di essere Matthew McConaughey)

- In ambito clinico e neurologico, il fenomeno vissuto da Rory si inquadra nei deliri di identificazione errata (**Misidentification Syndromes**), storicamente associati a traumi cerebrali diffusi.
- **Cosa dice la scienza:** Il recupero della coscienza dopo un coma da trauma cranico non è un interruttore ON/OFF, ma passa quasi sempre attraverso uno Stato Confusione Post-Traumatico (PTCS). Sperimentalmente, la risonanza magnetica funzionale (fMRI) dimostra che i traumi diffusi disconnettono le aree frontali (responsabili del monitoraggio della realtà e dell'autoconsapevolezza) dalle aree temporali e parietali (dove sono immagazzinati i ricordi e i volti). -**Default Mode Network (DMN)**, una rete cerebrale (che include la corteccia prefrontale mediale e il precuneo) -
- **Il confronto con Rory:** privato del corretto funzionamento dei filtri di realtà cerebrali, il cervello di Rory ha cercato di dare un senso alla situazione. Utilizzando il modello del Cervello Predittivo, il suo encefalo ha generato l'ipotesi predittiva più forte o vivida rimasta intatta in una rete neurale danneggiata: l'identità dell'attore. Solo quando la connettività fronto-parietale si è gradualmente ripristinata ("il clic allo specchio"), i dati sensoriali reali hanno corretto l'errore di predizione dell'identità.

La letteratura scientifica consente di affermare che:

2. Parlare fluentemente in francese (La Sindrome dell'Accento Straniero e l'Afasia Bilingue)

Il fenomeno per cui un paziente si risveglia parlando una lingua non nativa o con un forte accento straniero è ampiamente documentato in letteratura medica.

- **Cosa dice la scienza:** Esistono prove neurobiologiche sul fatto che le lingue apprese in momenti diversi della vita (anche solo a livello scolastico o passivo) utilizzino micro-circuiti neuronali anatomicamente distinti o aree con differenti livelli di suscettibilità ai traumi. Studi di stimolazione cerebrale e neuroimaging indicano che un trauma cranico può inibire selettivamente l'accesso alla lingua madre (es. danneggiando l'area dei fonemi nativi o i pattern motori dell'accento locale) e, per contro, causare una disinibizione di memorie linguistiche latenti o secondarie.

- **Il confronto con Rory:** Rory non ha "imparato dal nulla" il francese. Il trauma ha causato un blocco temporaneo dei pattern motori e linguistici della sua lingua nativa (l'inglese di Birmingham), "liberando" e iper-attivando le tracce sinaptiche della lingua francese memorizzate anni prima, permettendogli di esprimerle senza i normali freni inibitori.

4.1

Elaborare un'informazione non è farne esperienza

il cervello può ricevere, elaborare e utilizzare un'informazione senza che questa diventi necessariamente oggetto della nostra esperienza cosciente

- Guidare "in automatico" su un tragitto familiare
- L'effetto "cocktail party": il nostro nome cattura l'attenzione
- Le chiavi sotto gli occhi, viste solo pochi secondi dopo
- **Metafora del teatro**: solo una parte arriva "sul palcoscenico"

COSA FA SÌ CHE UNA DETERMINATA ELABORAZIONE "ARRIVI SUL PALCOSCENICO"?

CIOÈ SIA UNA ESPERIENZA COSCIENTE?

Il caso del dolore

Il dolore è l'esempio clinico più efficace per mostrare la differenza tra rilevare un danno, produrre una risposta biologica, e provare soggettivamente dolore —

tre fenomeni collegati ma **non** identici:

- Ritirare la mano prima di "sentire" il dolore
- L'atleta che non avverte subito una lesione in gara
- L'anestesia locale: pressione percepita, dolore assente

La letteratura scientifica consente di affermare che:

- la coscienza dipende dall'attività coordinata di sistemi cerebrali distribuiti;
- vigilanza, consapevolezza, memoria e linguaggio sono funzioni correlate, ma non equivalenti;
- la neuroplasticità contribuisce al recupero dopo una lesione cerebrale;
- la coscienza può essere sottostimata se valutata soltanto attraverso le risposte comportamentali;

Lo spettro clinico dei disturbi della coscienza (1)

Disturbi della coscienza: confronto tra le principali condizioni

Coma	Sindrome da veglia non responsiva (UWS/VS)	Stato di minima coscienza (MCS)	Stato di minima coscienza emergente (eMCS)
  Nessuna apertura degli occhi  Nessuna risposta comportamentale  Nessun ciclo sonno-veglia In sintesi Assenza di vigilanza e di risposte finalizzate. Condizione tipicamente transitoria, che può evolvere verso uno degli stati sottostanti, o verso il recupero.	  Ciclo sonno-veglia presente  Nessun segno riproducibile di consapevolezza  Solo risposte riflesse In sintesi Vigilanza presente, ma nessuna consapevolezza di sé o dell'ambiente.	  Segni di consapevolezza chiaramente identificabili ma fluttuanti e minimi  MCS- Risposte non linguistiche (es. seguire con lo sguardo, movimenti volontari, ecc.)  MCS+ Comportamenti cognitivi più complessi (es. seguire comandi, produrre verbalizzazioni intelligibili).	  Recupero di una comunicazione funzionale affidabile  Oppure uso funzionale degli oggetti (secondo criteri clinici standardizzati). In sintesi Recupero di capacità comunicative funzionali o dell'uso funzionale degli oggetti.

In sintesi

Coma



UWS/VS



MCS



eMCS

Definizioni

Coma

Assenza di apertura degli occhi, di vigilanza e di risposte comportamentali finalizzate. Non è presente un ciclo sonno-veglia riconoscibile.

UWS/VS

Vigilanza con cicli sonno-veglia, ma nessun segno comportamentale riproducibile di consapevolezza di sé o dell'ambiente. Le risposte osservate sono prevalentemente riflesse.

MCS

Segni di consapevolezza limitati, ma riproducibili, che possono essere fluttuanti. MCS-: risposte non linguistiche; MCS+: comportamenti cognitivi più complessi.

eMCS

Recupero di una comunicazione funzionale affidabile o dell'uso funzionale degli oggetti, secondo criteri clinici standardizzati.

Lo spettro clinico dei disturbi della coscienza (2)

- **UWS** (*Unresponsive Wakefulness Syndrome*):

La persona è sveglia, ma senza segni di rendersi conto di sé o dell'ambiente

(“sindrome da veglia non responsiva”, il nome oggi preferito a “stato vegetativo”. Descrive una persona che apre gli occhi e alterna fasi di sonno e di veglia (il ciclo sonno-veglia è intatto), respira da sola e mantiene le funzioni vitali di base, ma non mostra alcun segno di rendersi conto di sé o di ciò che la circonda — non segue con lo sguardo, non risponde a un comando, non reagisce in modo coerente a chi le parla)

Due quadri da non confondere



Locked-in syndrome

- Pienamente cosciente
- Quasi totalmente paralizzato
- L'opposto clinico dei disturbi della coscienza
- Storicamente confuso con lo stato vegetativo



Delirium

- Disturbo acuto e fluttuante
- Arousal relativamente preservato
- Awareness disorganizzata nelle ore
- Condizione più frequente negli anziani in reparto

4.4

Lo spettro clinico dei disturbi della coscienza (3)

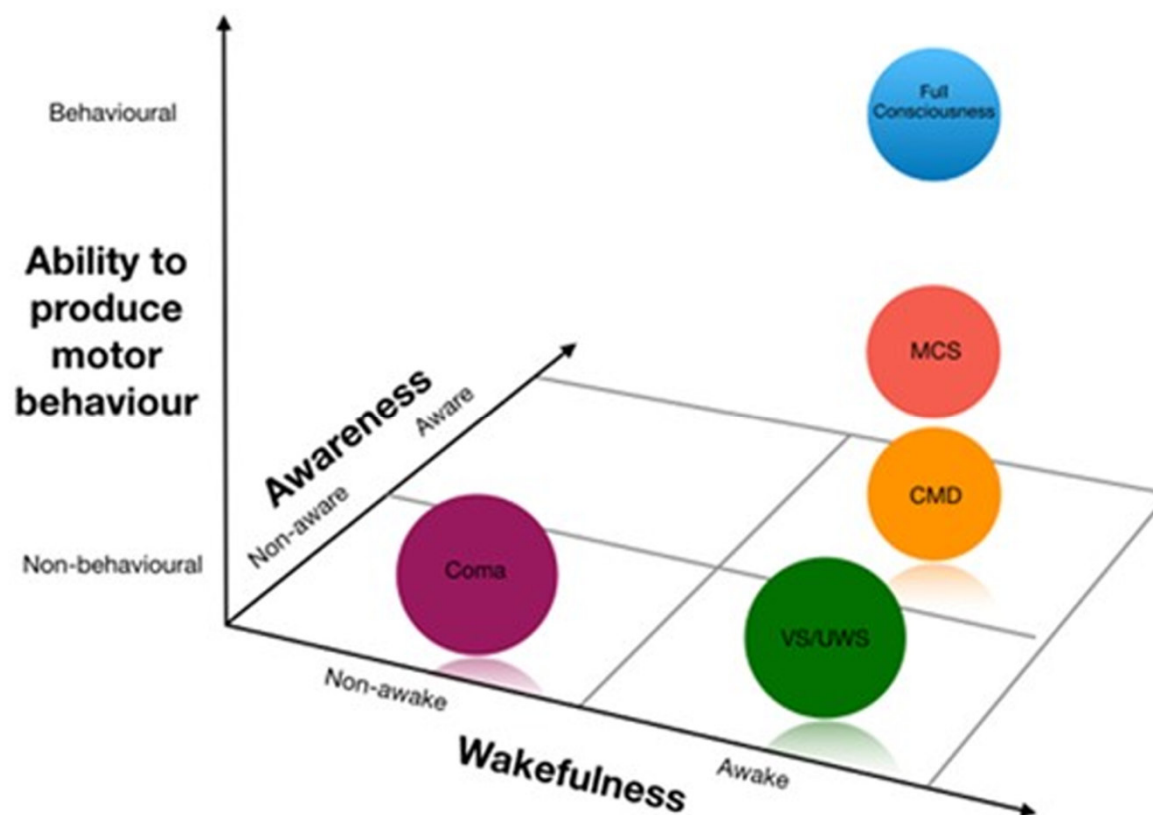


Figura 1 Disturbi della coscienza: tre dimensioni.

Fonti: - Adrian M Owen Brain, Volume 143, Numero 4, aprile 2020, Pagine 1050–1053

4.4

Lo spettro clinico dei disturbi della coscienza (4)

Lo strumento clinico di riferimento è la **Coma Recovery Scale-Revised (CRS-R)**, raccomandata dalle linee guida AAN/ACRM/NIDILRR (2018, riaffermate 2024) e dalle linee guida EAN (2020), perché la valutazione clinica informale ha un tasso di errore diagnostico rilevante (fino al 40% dei pazienti classificati come UWS mostra in realtà segni di MCS a una valutazione standardizzata).

Fonti: Giacino J.T. et al., "Practice guideline update recommendations summary: disorders of consciousness", *Neurology*, 91(10), 2018, pp. 450-460; Schnakers C. et al., *BMC Neurology*, 9:35, 2009.

Sfogliarini R - Le visioni mediche sulla coscienza 2026 Uni-Crema

L'anestesia generale come laboratorio naturale

Controllabile e reversibile: il "laboratorio" ideale per studiare la coscienza

- Durante un'anestesia efficace si riducono o scompaiono la risposta comportamentale, la consapevolezza dell'ambiente, la capacità di formare ricordi espliciti — ma il cervello continua a funzionare, i neuroni continuano ad attivarsi, i circuiti sensoriali possono ancora elaborare informazioni

Cambia soprattutto la dinamica delle reti, non solo l'attività

- molti anestetici riducono la capacità di comunicazione flessibile e integrata tra grandi sistemi cerebrali, alterando l'equilibrio tra eccitazione e inibizione.

Si misura con Il Perturbational Complexity Index (PCI):

circa il 20% dei pazienti UWS mostra un indice compatibile con la coscienza— una parte di questi pazienti potrebbe quindi essere consapevole pur non potendo comunicare

Fonte: Casali A.G. et al., "A theoretically based index of consciousness independent of sensory processing and behavior", Science Translational Medicine, 5(198), 2013.

La coscienza nascosta: cognitive motor dissociation (CMD)

Owen (2006): "tennis" vs. "navigazione" in fMRI, pattern indistinguibile da soggetti sani

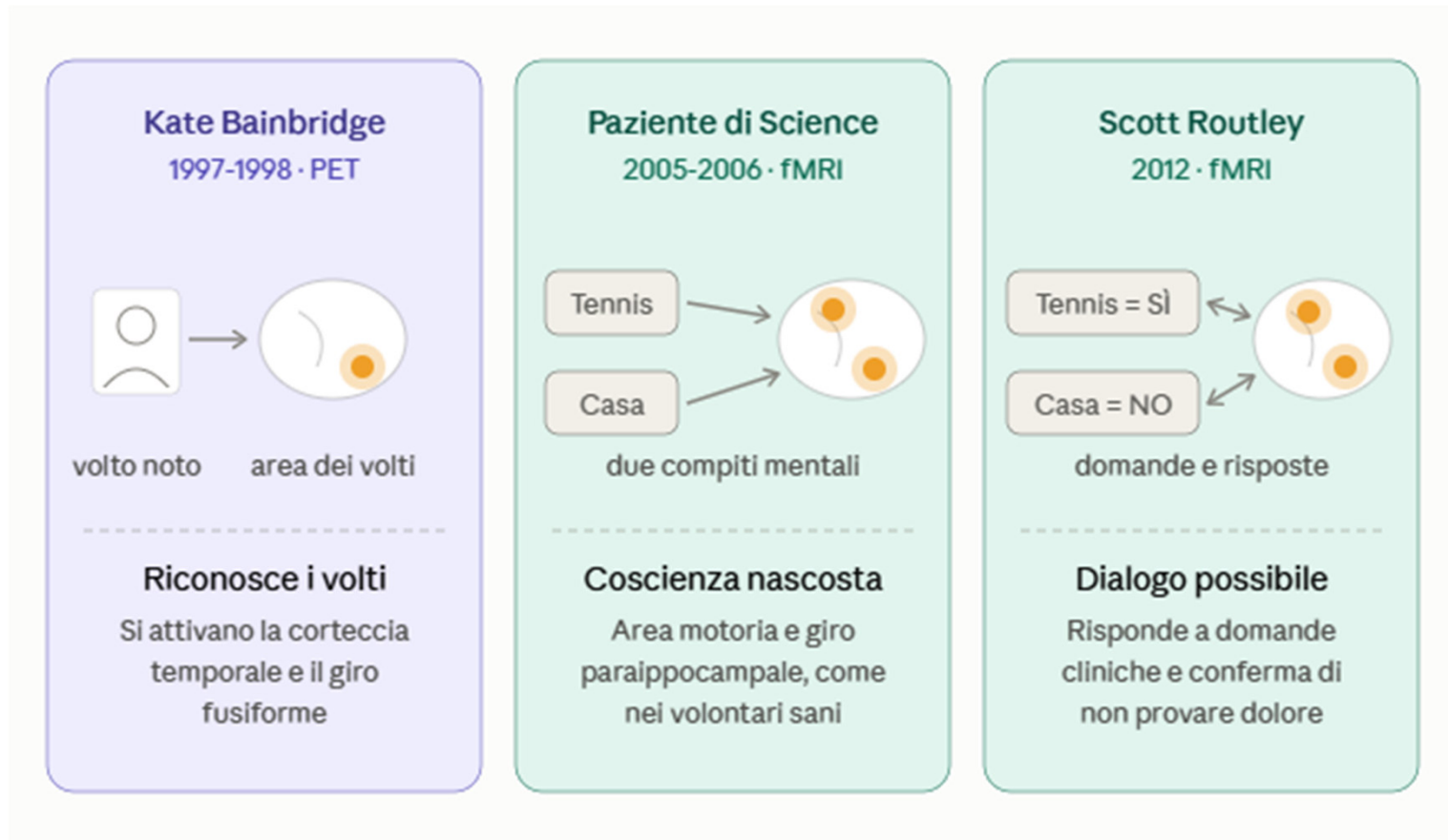
- Una donna di 23 anni, coinvolta in un grave incidente stradale, riceve una diagnosi comportamentale di stato vegetativo: nessuna risposta a comandi, nessun segno di consapevolezza rilevabile al letto del paziente.
- In risonanza magnetica funzionale le viene chiesto di immaginare, alternativamente, di giocare a tennis (per “sì”) o di camminare per le stanze di casa propria (per “no”) — due compiti che attivano regioni cerebrali diverse e riconoscibili (aree motorie supplementari per il tennis, aree paraippocampali per la navigazione spaziale).
- Il suo pattern di attivazione risulta indistinguibile da quello di volontari sani, pur in totale assenza di qualunque segno comportamentale osservabile.

Questo caso ha introdotto per la prima volta il concetto di coscienza nascosta.

Fonte: Owen A.M. et al., “Detecting awareness in the vegetative state”, *Science*, 313(5792), 2006, p. 1402

4.7

La coscienza nascosta: cognitive motor dissociation (CMD)



Fonte: Owen A.M. et al., "Detecting awareness in the vegetative state", *Science*, 313(5792), 2006, p. 1402

4.7

La coscienza nascosta: cognitive motor dissociation (CMD)

- Monti (2010): primo caso di comunicazione sì/no con un paziente in condizioni vegetative

Lo stesso paradigma “tennis/navigazione” viene applicato a 54 pazienti con gravi disturbi della coscienza.

Cinque riescono a modulare volontariamente la propria attività cerebrale; di questi, uno solo — un uomo classificato clinicamente come vegetativo — riesce a usare la tecnica in modo affidabile per rispondere “sì” o “no” a domande autobiografiche reali, rispondendo correttamente a più domande in sequenza.

È il primo caso documentato di comunicazione bidirezionale con un paziente ritenuto privo di coscienza.

Owen dimostra per la prima volta che può esserci una risposta cosciente “nascosta” nel cervello; Monti mostra che il fenomeno può essere ritrovato in più pazienti e può persino diventare una forma rudimentale di comunicazione.

Fonte: Monti M.M. et al., “Willful modulation of brain activity in disorders of consciousness”, New England Journal of Medicine, 362(7), 2010, pp. 579-589

4.7

La coscienza nascosta: cognitive motor dissociation (CMD)

Ciò che nel 2006-2010 appariva come un fenomeno raro e aneddótico si è rivelato, con studi su casistiche più ampie, un problema di scala clinicamente rilevante:

Classen 2019

Bodien 2024

Claassen et al., 2019 · EEG al letto del paziente
Terapia intensiva, lesione cerebrale acuta, primi giorni



15%

Pazienti clinicamente non responsivi
che rispondono con la mente ai
comandi già nei primi giorni

Bodien et al., 2024 · studio su larga scala
Conferma il dato di Claassen su una casistica più ampia

Multicentrico

Internazionale

Fase acuta e cronica

fMRI ed EEG



25%

Tutti senza alcuna risposta comportamentale osservabile

circa 1 paziente su 4 esegue
correttamente un compito mentale
rilevato in fMRI o EEG

Fonti: Claassen J. et al., "Detection of brain activation in unresponsive patients with acute brain injury", *NEJM*, 380, 2019, pp. 2497-2505;
Bodien Y.G. et al., "Cognitive motor dissociation in disorders of consciousness", *NEJM*, 391(7), 2024, pp. 598-608 (DOI: 10.1056/NEJMoa2400645).

Sfogliarini R - Le visioni mediche sulla coscienza 2026 Uni-Crema

Un quadro sinottico

Caratteristica	Stato vegetativo classico (VS/UWS)	Dissociazione cognitivo-motoria (CMD)
Esame comportamentale	Nessuna risposta agli stimoli	Nessuna risposta agli stimoli
Attività in fMRI/EEG	Solo riflessi automatici	Attivazione volontaria e coerente ai comandi
Consapevolezza	Verosimilmente assente	Presente, ma non esprimibile

CMD: la portata del problema

Il caso Terri Schiavo:

il caso di **Terri Schiavo** (Florida, 1990-2005): una donna in stato vegetativo per 15 anni, al centro di una controversia legale e familiare arrivata fino al Congresso degli Stati Uniti sulla decisione di interrompere l'alimentazione artificiale. Il caso è precedente alle tecniche di rilevazione della CMD qui descritte, ma è proprio la sua eco pubblica ad aver alimentato, negli anni successivi, l'urgenza scientifica di sviluppare strumenti più affidabili della sola osservazione comportamentale per stabilire se un paziente sia davvero incosciente.

- **Implicazioni della CMD:**
 - comunicazione,
 - gestione del dolore,
 - decisioni di fine vita,
 - prognosi
- **Un limite da non sottovalutare: CMD negativa non prova l'assenza di coscienza**

CMD: la portata del problema -Implicazioni mediche

Sulla comunicazione:

la CMD ha aperto la strada allo sviluppo di interfacce cervello-computer (BCI) basate su EEG o fMRI, che permettono a un sottogruppo di questi pazienti di rispondere a domande binarie modulando volontariamente la propria attività cerebrale — approfondite al punto 4.8.

Sulla gestione del dolore:

se una parte di questi pazienti è cosciente pur non potendolo dimostrare, le attuali scale di valutazione del dolore nei pazienti non comunicanti — basate su segni comportamentali che la CMD dimostra insufficienti — richiedono di essere integrate con marcatori neurofisiologici indipendenti dal comportamento.

CMD: la portata del problema -Implicazioni mediche

Sulle decisioni di fine vita:

le linee guida cliniche (AAN/ACRM/NIDILRR 2018, già citate al punto 4.4) raccomandano oggi, dove disponibile, l'uso di tecniche di rilevazione della CMD prima di decisioni irreversibili di sospensione delle cure, con ricadute dirette sul piano legale e sul consenso informato dei familiari.

Sulla prognosi e la riabilitazione:

i dati di follow-up mostrano una probabilità significativamente più alta di recupero funzionale a un anno nei pazienti con CMD rispetto a chi non mostra alcuna attivazione cerebrale rilevabile — un dato che può orientare l'allocazione delle risorse riabilitative.

CMD: la portata del problema -Implicazioni mediche

Un limite da non sottovalutare:

l'assenza di CMD a un singolo esame non equivale a prova di assenza di coscienza — fluttuazioni di vigilanza, limiti tecnici di fMRI ed EEG, e possibili deficit sensoriali o linguistici isolati rendono la CMD una prova che, se positiva, è altamente informativa, ma se negativa non chiude la domanda

Le interfacce cervello-computer (BCI)

Cosa è e come funziona una BCI

Le Interfacce Cervello-Computer sono sistemi tecnologici che stabiliscono un canale di comunicazione diretto tra il cervello umano e un dispositivo esterno (come un computer, una sedia a rotelle o una protesi robotica), bypassando completamente i normali canali neuro-muscolari (nervi periferici e muscoli).

In breve, una BCI permette a una persona di controllare un software o un oggetto con la sola forza del pensiero.

Le interfacce cervello-computer (BCI)

Una BCI traduce l'attività cerebrale registrata direttamente — senza passare dai muscoli — in un output artificiale: un comando, una lettera, una risposta sì/no.

Nei disturbi della coscienza si usano soprattutto due famiglie di paradigmi: quelli attivi, basati su immaginazione motoria o mentale (la stessa logica di Owen e Monti: si chiede al paziente di immaginare un'azione specifica e si verifica se il pattern cerebrale corrisponde a un'esecuzione volontaria), e i paradigmi P300/SSVEP, più adatti a un uso ripetuto al letto del paziente, che misurano una risposta elettrica automatica quando il paziente presta attenzione selettivamente a uno stimolo bersaglio.

Come funzionano

Le interfacce cervello-computer (Brain-Computer Interface - BCI) rappresentano il “ponte artificiale” che permette di bypassare la totale paralisi motoria dei pazienti con Cognitive Motor Dissociation (CMD), traducendo i loro pensieri e la loro attività neurale direttamente in comandi digitali o parole.

Nel caso della CMD, la sfida è unica: il paziente non può muovere gli occhi, né i muscoli facciali o gli arti. Pertanto, la BCI deve basarsi esclusivamente su processi cognitivi interni e volontari.

Come funzionano (In 4 passaggi chiave)

1. **Misurazione dell'attività cerebrale (Input):** Quando pensiamo, immaginiamo un movimento o proviamo un'emozione, i nostri neuroni generano deboli segnali elettrici. Questi segnali vengono captati tramite appositi sensori (elettrodi).
2. **Pre-elaborazione e filtraggio:** I segnali cerebrali grezzi sono "rumorosi" e disturbati da altri movimenti (es. il battito delle ciglia o la tensione muscolare). Il sistema pulisce il segnale per isolare solo le frequenze cerebrali utili.
3. **Estrazione delle caratteristiche e decodifica (AI):** Algoritmi matematici avanzati e sistemi di Intelligenza Artificiale analizzano le onde cerebrali. Il loro compito è tradurre lo schema elettrico in un comando specifico (es. "Se le onde nella corteccia motoria cambiano in questo modo, significa che l'utente vuole muovere il cursore a destra").
4. **Esecuzione del comando (Output):** Il comando decodificato viene inviato al dispositivo esterno, che esegue l'azione (es. muovere una protesi, digitare una lettera sullo schermo o spostare una carrozzina).

Come funzionano (In 4 passaggi chiave)

1. La scelta dei compiti mentali (Il codice di comunicazione)

Poiché non è possibile leggere il pensiero libero in modo magico, si stabilisce un codice basato sulla modulazione volontaria dell'attività cerebrale. Il medico o il computer istruiscono il paziente a evocare specifici stati mentali a cui corrispondono significati diversi:

Immaginazione motoria (Motor Imagery): Al paziente viene chiesto di immaginare intensamente di stringere la mano destra (es. per dire "Sì") o di calciare un pallone (es. per dire "NO").

Compiti cognitivi/Spaziali: Immaginare di navigare mentalmente tra le stanze della propria casa o effettuare calcoli aritmetici complessi.

Paradossi attentivi (es. potenziali P300): Il paziente ascolta degli stimoli acustici (toni alti e bassi) tramite cuffie e deve concentrarsi ed "elencare mentalmente" solo quando sente il tono raro. La focalizzazione dell'attenzione genera un picco elettrico specifico nel cervello chiamato onda P300.

Come funzionano (In 4 passaggi chiave)

2. Acquisizione del segnale (Registrare il cervello)

Per intercettare questi sforzi mentali, le BCI utilizzano principalmente due tecnologie:

Sistemi non invasivi (EEG al letto del paziente): Viene applicata una cuffia con elettrodi sul cuoio capelluto. È il metodo più comune, economico e pratico in terapia intensiva. Rileva le onde elettriche prodotte

dai neuroni della corteccia motoria o frontale quando il paziente esegue i compiti mentali.

Sistemi in fMRI: Utilizzati prevalentemente in fase di diagnosi avanzata. Tracciano l'afflusso di sangue ossigenato (segnale BOLD) nelle aree motorie supplementari o paraippocampali mentre il paziente immagina di giocare a tennis o camminare.

Come funzionano (In 4 passaggi chiave)

3. Decodifica tramite Intelligenza Artificiale

I segnali cerebrali grezzi sono estremamente “rumorosi” e difficili da interpretare a occhio nudo. È qui che entra in gioco il software della BCI:

Gli algoritmi di Machine Learning e l’Intelligenza Artificiale vengono preventivamente addestrati a riconoscere la specifica “impronta digitale neurale” di quel determinato paziente.

Quando l’algoritmo rileva in tempo reale lo schema elettrico associato all’impronta cerebrale del “muovere la mano”, capisce l’intenzione del paziente.

Come funzionano (In 4 passaggi chiave)

4. Output e Feedback (La risposta esterna)

Una volta che il computer ha tradotto il segnale (es. Attivazione motoria = SÌ; Nessuna attivazione = NO), esegue il comando:

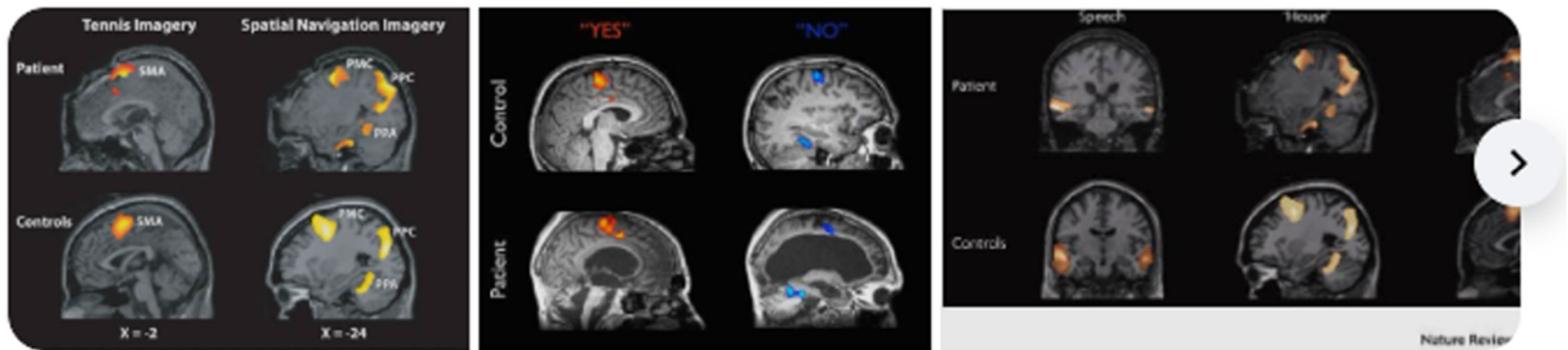
Risposta a domande chiuse: Il computer pronuncia o mostra una domanda (es. “Hai dolore?”). Il paziente attiva il pensiero motorio per dire SÌ e il computer riproduce una voce sintetica che dice “Sì”.

Sistemi di spelling (BCI Speller): Sistemi più avanzati permettono al paziente di selezionare progressivamente gruppi di lettere focalizzando l'attenzione su stimoli uditivi o visivi (se gli occhi sono aperti), permettendo di comporre intere parole, seppur lentamente.

4.7

1. La visualizzazione della coscienza nascosta (fMRI)

l'attivazione della SMA (Supplementary Motor Area) durante il compito di immaginare di giocare a tennis (colonna sinistra) e della PPA (Parahippocampal Place Area) durante la navigazione spaziale immaginata (colonna destra) fornisce una mappa sovrapponibile a quella dei soggetti sani di controllo.



Riferimento scientifico: L'analisi dettagliata di queste attivazioni è consultabile nello studio originale del team di Owen et al. su Science.

4.7

2. L'interfaccia BCI al letto del paziente in Terapia Intensiva (EEG)

Per rendere la tecnologia portatile, i centri clinici integrano sistemi BCI non invasivi composti da cuffie EEG ad alta densità di elettrodi collegate a monitor diagnostici posizionati direttamente nei reparti di rianimazione o neuro-riabilitazione.



Implementazione clinica: Un'analisi delle barriere e dello stato dell'arte delle BCI per i disturbi della coscienza (DoC) è disponibile nello studio di gap-analysis pubblicato su Springer Link.

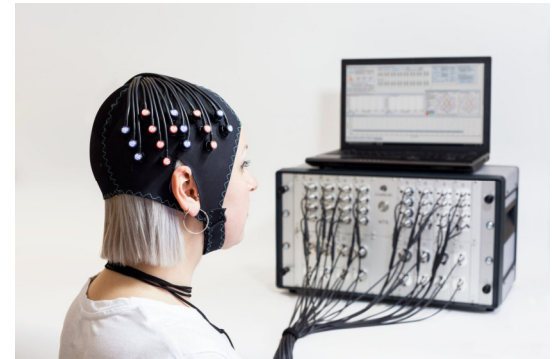
Protocolli multimodali: Per approfondire i modelli ibridi che uniscono stimoli visivi e onde P300 per forzare la comunicazione in assenza di risposta motoria, è possibile consultare le ricerche aperte su MDPI Journal of Clinical Medicine.

Sfogliarini R - Le visioni mediche sulla coscienza 2026 Uni-Crema

3. La svolta tecnologica: oltre la fMRI (fNIRS)

Il limite storico dello studio di Owen era l'uso esclusivo della risonanza magnetica funzionale (fMRI), uno strumento monumentale, costoso e logisticamente impossibile da utilizzare in modo continuativo per pazienti in terapia intensiva.

La tecnologia fNIRS (Spettroscopia funzionale nel vicino infrarosso):



Sperimentazioni recenti (2025-2026) hanno introdotto l'uso della fNIRS combinata con l'immaginazione motoria

Il vantaggio: La fNIRS utilizza una cuffia leggera a fibre ottiche che misura l'ossigenazione del sangue cerebrale sfruttando la luce. Essendo portatile e applicabile direttamente al letto del paziente, sta superando i limiti logistici della fMRI, avvicinando la medicina a un test diagnostico di routine per la coscienza nascosta.

Come vengono impiegate le BCI nella CMD

1. Rilevamento della coscienza nascosta (Diagnosi Ausiliaria)

- Poiché i pazienti con CMD non mostrano risposte motorie visibili ai test comportamentali (come la Coma Recovery Scale-Revised o CRS-R), le BCI basate su elettroencefalografia (EEG) vengono usate al letto del malato per intercettare la volizione. Al paziente viene chiesto di eseguire compiti mentali, come l'immaginazione motoria (es. "Immagina di stringere la mano destra"). La BCI rileva le alterazioni dei ritmi sensorimotori e decodifica l'intenzione del paziente, dimostrando che è cosciente anche se immobile.

2. Ripristino di un canale di comunicazione di base

- Utilizzando paradigmi basati su stimoli esterni (come il potenziale evocato P300 visivo, uditivo o vibrotattile), le BCI consentono ai pazienti di rispondere a domande binarie ("Sì / No") o di selezionare lettere su uno schermo, bypassando completamente i muscoli lesionati.

Come vengono impiegate le BCI nella CMD

3. Determinazione della prognosi e del potenziale di recupero

- I dati dimostrano che identificare tempestivamente la CMD tramite BCI cambia radicalmente le aspettative di recupero. I pazienti che mostrano un'attivazione cerebrale rilevabile dalle BCI hanno probabilità significativamente più alte di riemergere verso uno stato di coscienza minima o piena rispetto a chi non mostra attività.

4. Riabilitazione neuroplastica

- Sistemi BCI a circuito chiuso (closed-loop) vengono impiegati per accoppiare l'intenzione mentale del paziente con un feedback visivo o stimoli vibrotattili. Questo allenamento ripetitivo stimola la plasticità cerebrale, aiutando a ripristinare o migliorare i punteggi nelle scale comportamentali tradizionali nel corso dei mesi.

Istituti nel mondo e in Italia

1. Istituti di Ricerca Internazionali (Istituzioni Leader)

- **Mass General Brigham (Boston, USA):** È una delle primissime strutture al mondo ad aver aperto una Brain-Computer Interface Clinic specifica. Qui, neurologi e neurochirurghi testano sia sistemi EEG non invasivi per pazienti con gravi disturbi della coscienza (coordinati dal team di Yelena Bodien, autrice dello studio NEJM 2024), sia impianti intracranici avanzati.
- **Columbia University Irving Medical Center (New York, USA):** Guidato dal Prof. Jan Claassen (pioniere dello studio del 2019 sulla CMD in fase acuta), l'ospedale NewYork-Presbyterian applica protocolli BCI basati su EEG direttamente all'interno delle Terapie Intensive Neurologiche (Neuro-ICU). L'obiettivo è intercettare la coscienza nascosta nei primissimi giorni dopo un trauma cranico o un arresto cardiaco.
- **Coma Science Group – Università di Liegi (Belgio):** È storicamente il centro europeo più importante per lo studio degli stati vegetativi e della minima coscienza. Utilizzano regolarmente un protocollo combinato fMRI ed EEG-BCI per mappare i pazienti inviati da tutta Europa, validando sistemi commerciali e accademici per la comunicazione binaria (Sì/No).
- **University of Bath e partner clinici (Regno Unito):** Ha recentemente avviato trial clinici focalizzati su training BCI longitudinali. Invece di testare il paziente una sola volta, applicano cuffie EEG indossabili per più sessioni, insegnando attivamente al cervello danneggiato a modulare i propri segnali per rispondere a domande aperte e chiuse.

2. Centri di Eccellenza in Italia

- **Fondazione IRCCS Istituto Neurologico Carlo Besta (Milano):** Centro Ricerche sul Coma, il Besta ha sviluppato il programma PAC DOC (Programma Ambulatoriale Complesso per Disordini di Coscienza). Questa struttura esegue valutazioni multimodali avanzate per identificare casi di coscienza nascosta e collabora a progetti di neuroimaging funzionale.
- **IRCCS Fondazione Santa Lucia (Roma):** È uno dei laboratori di neuroelettrettricità e BCI cliniche più attivi a livello europeo. Sebbene molti dei loro protocolli BCI siano focalizzati sul recupero motorio post-ictus, l'istituto è un punto di riferimento per l'applicazione di interfacce cervello-computer non invasive (basate su onde P300 e biofeedback) nella neuroriabilitazione di pazienti con gravi cerebrolesioni acquisite.
- **IRCCS Fondazione Don Gnocchi (Firenze/Milano):** Sperimenta l'integrazione di sistemi tecnologici e robotici guidati dal segnale cerebrale per valutare la responsività e favorire la plasticità neuronale in pazienti non comunicativi.

L'impatto etico: Fine vita, prognosi e gestione del dolore

- La scoperta che un paziente su quattro in stato vegetativo possiede una “coscienza nascosta” (CMD) ridefinisce i confini delle decisioni di fine vita e della sospensione delle cure, storicamente basate sull'assenza di risposte comportamentali.
- Poiché gli studi longitudinali dimostrano che chi presenta CMD ha tassi di recupero neurologico e riabilitativo significativamente più alti a distanza di un anno, **la rilevazione della coscienza nascosta è diventata un fattore prognostico cruciale prima di interrompere i supporti vitali.**
- Parallelamente, sul piano clinico, l'evidenza della CMD impone una **revisione radicale dei protocolli di gestione del dolore**: anche in assenza di lamenti o movimenti fisici, la potenziale consapevolezza del paziente spinge i medici ad applicare terapie analgesiche e palliative preventive, assumendo che lo stimolo doloroso venga percepito ed elaborato a livello corticale.

L'impatto etico: Fine vita, prognosi e gestione del dolore

1. Il “Criterio del Livello più Alto” della European Academy of Neurology (EAN)
2. Le raccomandazioni dell’American Academy of Neurology (AAN)
3. Il dibattito bioetico e le “Universal Pain Precautions”

Oltre alle linee guida puramente tecniche, i comitati di neuroetica spingono per riforme strutturali nell’assistenza palliativa:

- **Neuropalliative Care:** Esperti di etica medica, commentando i protocolli clinici su prestigiose riviste come *Neurology*, sostengono l’adozione delle Universal Pain Precautions. Dal momento che la CMD non è un’eccezione ma riguarda il 25% dei pazienti non responsivi, le linee guida bioetiche suggeriscono di trattare preventivamente ogni paziente in stato vegetativo come potenzialmente cosciente e sensibile al dolore, applicando protocolli analgesici standard durante le manovre invasive o prima dell’eventuale rimozione della nutrizione e idratazione artificiale.
- **Il ruolo delle Disposizioni Anticipate (DAT):** Nei paesi europei (inclusi i tentativi di adeguamento legislativo regionale in Italia) e occidentali, le direttive anticipate di trattamento assumono una valenza critica. Le nuove raccomandazioni per i fiduciari legali dei pazienti suggeriscono di esigere lo screening EEG/fNIRS per escludere la CMD prima di dare esecuzione alle volontà di interruzione delle cure mediche.

Morte cerebrale e prelievo di organi: nessuna sovrapposizione

- UWS/CMD: il tronco encefalico funziona, la persona respira da sola
- Morte cerebrale: cessazione totale e irreversibile di tutto l'encefalo
- La BCI non ha alcun ruolo nell'accertamento di morte cerebrale
- Le due condizioni si escludono reciprocamente

Morte cerebrale e prelievo di organi e CMD: nessuna sovrapposizione

- Su questo punto la risposta è netta: stato vegetativo/CMD e morte cerebrale sono due condizioni cliniche **diverse e reciprocamente incompatibili**, e la BCI non ha alcun ruolo nell'accertamento di morte cerebrale.
- Nello stato vegetativo il tronco encefalico funziona — la persona respira da sola, ha riflessi, ha un ciclo sonno-veglia; è proprio per questo che ha senso cercare un'eventuale attività corticale nascosta. Nella morte cerebrale, per definizione, tutte le funzioni dell'intero encefalo — corteccia e tronco encefalico insieme — sono cessate in modo irreversibile: nessun riflesso del tronco, nessun respiro spontaneo (verificato con l'apnea test), e nei protocolli italiani anche un EEG piatto per un periodo di osservazione fissato per legge. È una diagnosi con criteri clinici e legali molto più rigidi e assoluti di quelli di un test di CMD, verificata da una commissione medica dedicata.
- Un paziente che mostra CMD non può quindi, per definizione, essere in morte cerebrale — le due condizioni si escludono a vicenda — e un paziente accertato in morte cerebrale non viene mai sottoposto a test di CMD, perché l'accertamento stesso richiede già l'assenza totale di ogni attività elettrica cerebrale. Il prelievo di organi avviene sempre e solo dopo l'accertamento di morte cerebrale con questi criteri separati e indipendenti, mai sulla base di una valutazione di stato vegetativo o di presenza/assenza di CMD.

4.9

Sintesi: che cosa serve per l'esperienza cosciente

Una formula riassuntiva, prima della discussione:

- la coscienza sembra richiedere un cervello contemporaneamente
- attivo (adeguato livello di attivazione delle grandi reti),
- integrato (le parti comunicano e si influenzano),
- differenziato (le regioni elaborano informazioni diverse, non fanno tutte la stessa cosa),
- dinamico (le reti si riconfigurano rapidamente)
- organizzato nel tempo (sincronizzazioni e desincronizzazioni precise).

Non conta quindi “quanta” attività c’è nel cervello, ma quanto questa attività è organizzata, differenziata e coordinata



Grazie

Discussione aperta

"Il cervello è l'organo più straordinario dell'universo. Curare il cervello non significa solo riparare un corpo, significa custodire il miracolo di essere consapevoli di esistere.

Rita Levi Montalcini

