

# Uno “stent-elettrodo” di frontiera per la neurostimolazione

La stimolazione cerebrale profonda è una pratica estremamente efficace nel trattamento di diverse condizioni neurodegenerative farmacoresistenti. Negli ultimi anni, è stato sviluppato da un gruppo di scienziati [dell'Università di Melbourne](#) un approccio basato sulla tecnologia “stent-elettrodo” endovascolare che potrebbe cambiare in modo sostanziale lo scenario della neurostimolazione, aprendo le porte ad impianti mini-invasivi.



## Come funziona la stimolazione cerebrale profonda?

La stimolazione cerebrale profonda è una tecnica in uso da decenni per curare patologie neurodegenerative acute ed invalidanti in pazienti giovani incapaci di rispondere a cure farmacologiche nel lungo tempo.

Per approfondire, abbiamo parlato di neurostimolazione [qui](#).

Gli interventi di [craniotomia](#), ovvero di **apertura chirurgica del cranio**, frequentemente effettuati per l'impianto degli elettrostimolatori encefalici tradizionali possono esporre a rischi che compromettono non solo le condizioni del paziente, ma anche l'efficacia dell'impianto stesso. Infatti, l'infiammazione dei tessuti dovuta al posizionamento del catetere influenza negativamente il valore della **soglia di stimolazione**, cioè l'ampiezza minima dell'impulso da fornire per ottenere una risposta dei tessuti. In elettrofisiologia questa risposta equivale alla nascita di un [potenziale d'azione](#), e si verifica solo se la stimolazione viene sentita dalle cellule nervose, quindi in presenza di stimolo sovrasoglia.

Tuttavia, l'accesso intracranico è necessario dal punto di vista della bontà del segnale prelevato, in quanto garantisce un'adeguata risoluzione spaziale, un'ampia larghezza di banda, un alto rapporto segnale rumore e una bassa sensibilità agli artefatti rispetto agli elettrodi posizionati in superficie.

## L'approccio endovascolare: una strada inesplorata

Per contenere i rischi associati al tipo di intervento chirurgico d'impianto degli elettrodi, nello studio pubblicato sulla rivista [Nature Biomedical Engineering](#), un gruppo di ricercatori ha sviluppato un'interfaccia neurale endovascolare, lo **Stentrode** (stent-mounted electrode array), che sfrutta i vasi sanguigni come condotto per convogliare lo stimolo attraverso una rete di elettrodi montati su uno [stent](#).

“La nostra tecnologia è potenzialmente una strada per raggiungere la stimolazione cerebrale profonda senza operare la craniotomia.”

Thomas Oxley, CEO and founder di Synchron, azienda che ha sviluppato la tecnologia

Lo Stentrode viene impiantato conducendo un catetere nel cervello, creando un accesso da una vena all'altezza del collo, similmente alla pratica operatoria degli stimolatori cardiaci.

Per approfondire: [Stentrode in action](#)

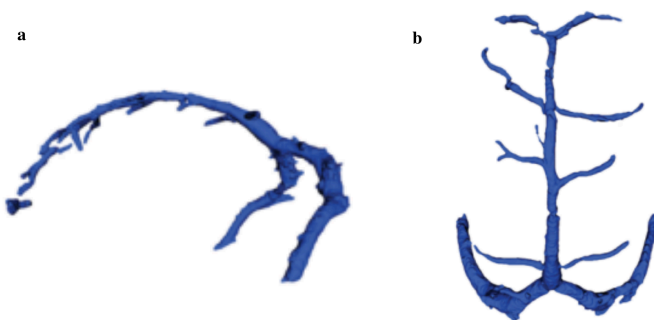
Video esplicativo sulla tecnologia Stentrode. Credits: [Unimelb](#)

Dal punto di vista strutturale, lo Stentrode è composto da uno **scaffold automodellante in [nitinol](#)**, una lega estremamente elastica e a memoria di forma, e da una serie di elettrodi che va da un minimo di 6 a un massimo di 12, del diametro di 500 o 750  $\mu\text{m}$  (Figura 1).

L'impianto avviene convenzionalmente a livello dei [seni della dura madre](#), ovvero i canali venosi che drenano il sangue refluo dall'encefalo e confluiscono nella [vena giugulare interna](#).



Figura 1. Struttura dello Stentrode. E' possibile osservare lo scaffold automodellante in nitinol sul quale sono montati gli elettrodi in platino. Credits: Nature



In particolare, la tecnologia stent-elettrodo si adatta molto bene all'innesto in via permanente nel **seno sagittale superiore (SSS)**, un vaso nei pressi della corteccia motoria che risulta adeguato sia per geometria che per posizione anatomica (Figura 2).

Figura 2. Ricostruzione tridimensionale del SSS sul piano a) sagittale b) trasversale.

Credits: [Journal of Neurosurgery](#)

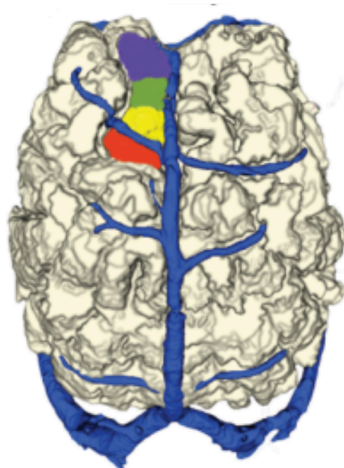
Per evitare complicanze nel sito, in primis è stata testata la **sicurezza** della tecnologia Stentrode: **nessuna occlusione vascolare** è stata riscontrata a causa dell'impianto effettuato a livello del seno sagittale superiore.

Inoltre, lo Stentrode può registrare i segnali neurali con una larghezza di banda sovrapponibile a quella delle tradizionali tecnologie invasive, garantendo un **segnale di buona qualità**.

I dubbi sull'utilizzo riguardano tuttavia l'efficacia della stimolazione. Per validare questo aspetto, il gruppo di ricerca ha condotto un **esperimento a prova di concetto** che ha confrontato i metodi già noti con l'approccio trattato in questo studio.

## Come si ottiene la stimolazione endovascolare?

L'efficacia della soluzione è validata dalla **risposta della corteccia motoria** all'impulso di stimolazione indotto dagli elettrodi presenti sullo scaffold.



Per identificare il vaso migliore per effettuare l'impianto, sono state effettuate delle misure specifiche in casi differenti di diametro del SSS su immagini di risonanza magnetica con mezzo di contrasto. In Figura 3 si può apprezzare visibilmente che la rete dei vasi identificati giace in prossimità della corteccia motoria.

Figura 3. Ricostruzione digitale del SSS sul piano trasversale in cui è messa in evidenza la corteccia neuromotoria (rosso e giallo = arti; verde = testa e occhi; viola = viso, bocca e lingua). Credits: [Journal of Neurosurgery](#)

L'esperimento ha dato esito positivo: i ricercatori dell'Università di Melbourne hanno dimostrato che lo Stentrode non solo è in grado di registrare il segnale elettroencefalografico, ma **può anche fornire ai tessuti nervosi una stimolazione** molto simile a quella degli approcci tradizionali.

“First the stent electrode listened for brain signals.  
Now it talks back.”

Megan Scudellari, sci & health reporter, author of Biology Now

### Caratteristiche di stimolazione: confronto con l'approccio tradizionale

Uno studio ha messo a confronto l'efficacia dello Stentrode con la stimolazione ottenuta per mezzo di **molteplici elettrodi corticali superficiali** impiantati sulla corteccia cerebrale e con **il gold standard della neurostimolazione profonda**. (Figura 4).

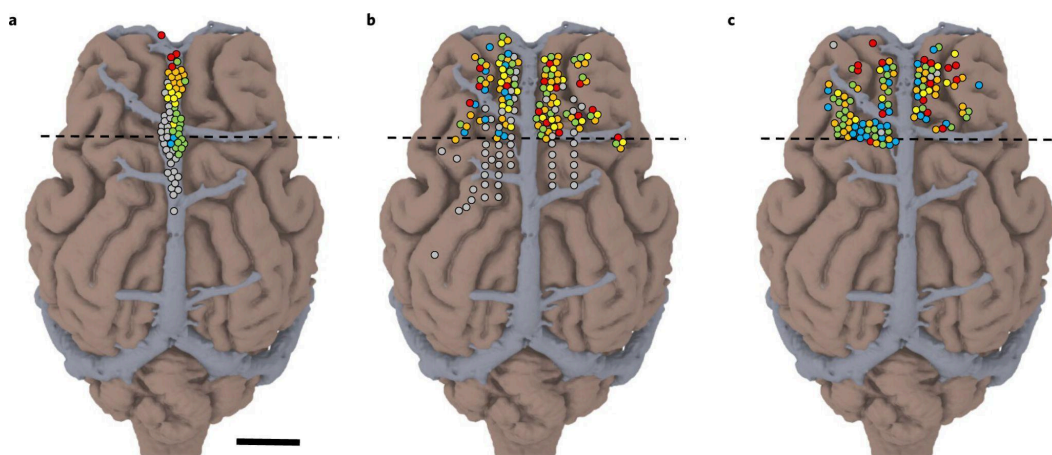


Figura 4. Metodi di neurostimolazione a confronto: a) Stentrode endovascolare, b) elettrodi corticali superficiali, c) singolo elettrodo penetrativo. Credits: [Nature](#)

Il confronto è relativo alle regioni in cui è stata osservata un'attivazione motoria e alla soglia di stimolazione con cui questa è ottenuta.

Per quanto riguarda la **stimolazione ottenuta con elettrodi superficiali**, si osserva una risposta analoga a quella ottenuta con l'utilizzo dello Stentrode, ovvero un'attivazione motoria nelle regioni delle labbra, del viso, della mascella, del collo, delle spalle e degli arti. In termini di soglia di stimolazione non è stata rilevata una differenza significativa tra i due approcci in nessuno dei gruppi muscolari coinvolti.

Allo stesso modo, la **stimolazione ottenuta con elettrodi inseriti in profondità nell'encefalo**, ha suscitato una risposta simile a quella osservata con gli altri approcci, promuovendo la motilità negli stessi distretti: labbra, faccia, collo, mascella, spalle e arti. Anche in questo caso la soglia di stimolazione non subisce variazioni apprezzabili.

Durante l'analisi della stimolazione indotta da Stentrode sono stati presi in considerazione anche altri aspetti come, ad esempio, la direzione e l'orientazione degli elettrodi, al fine di valutare se e come questi influenzassero l'efficacia della pratica. La risposta dei tessuti eccitati non dipende dall'orientazione, mentre per quanto riguarda la direzione in cui è rivolto l'elettrodo nel lume del vaso, questa influenza la quantità di energia necessaria per stimolare il cervello.

## Conclusioni e prospettive future

Nel panorama della neurostimolazione, l'utilizzo di un'interfaccia neurale endovascolare ha permesso di contenere i rischi associati all'intervento invasivo per il convenzionale impianto di un dispositivo per la stimolazione profonda e limitare l'infiammazione dei tessuti cerebrali circostanti. Gli stent normalmente in commercio possono accedere a vasi molto piccoli e montano elettrodi del diametro di 750  $\mu\text{m}$ . Uno studio realizzato all'università di Melbourne ha dimostrato l'efficacia della stimolazione endovascolare, aprendo la strada ad un approccio innovativo e mini-invasivo per trattare patologie neurodegenerative e farmacoresistenti come Parkinson e gravi forme di epilessia.

Sebbene questa tecnologia non possa raggiungere siti cerebrali specifici in profondità, risultando quindi idonea per la terapia in un limitato numero di casi, lo Stentrode si inserisce con successo nel panorama delle [interfacce cervello-computer](#), permettendo a soggetti paralizzati di controllare mentalmente protesi, sedie a ruote o computer.

“Una buona interfaccia neurale dovrebbe contenere un sistema di feedback, così da poter rispondere al cervello in tempo reale.”

Thomas Oxley, CEO and founder di Synchron

Fonti:

[Nature Biomedical Engineering](#) - Focal stimulation of the sheep motor cortex with a chronically implanted minimally invasive electrode array mounted on an endovascular stent

[Spectrum IEEE](#) - Implant Stimulates Brain From Inside a Blood Vessel

[Wired](#) - Darpa-funded implant travels to the brain via blood vessels

[Slashgear](#) - DARPA: 'Stentrode' Implant Travels To Brain Via Blood Vessels

[Synchron](#) - The endovascular brain computer interface