

Contributo Rotary 2018

Neuroingegneria: interfacce cervello-macchina

Sergio Martinoia

Professore di Bioingegneria, Università degli studi Genova

A partire dai primi pionieristici studi di neuroanatomia di Ramon y Cayal (1852-1934), è noto che gli elementi neuronali del cervello costituiscono una formidabile e complicata struttura a rete. Nel corso del secolo scorso, si sono via via aggiunte evidenze sperimentali che questo affascinante substrato strutturale sostiene l'emergere di una dinamica complessa che costituisce il correlato funzionale del comportamento e dei processi cognitivi. L'emergere di strutture a rete (dinamiche) in grado di mostrare attività elettrofisiologica coerente quali oscillazioni a diverse frequenze che operano tra regioni diverse segregate sia spazialmente sia temporalmente, indicano, come preconizzato da Donald Hebb nel suo "The Organization of Behavior" (Hebb, 1949) che la codifica dell'informazione neuronale avviene a livello di rete o di popolazioni neuronali funzionalmente connesse. In tempi recenti, la fisica dei sistemi complessi da un lato, e la teoria dei grafi dall'altro, hanno fornito formidabili strumenti per l'analisi delle reti neuronali, in generale, e per lo studio dell'interazione tra struttura e funzione, in particolare, fornendo alcuni strumenti per investigare la codifica e la trasmissione dell'informazione all'interno del cervello. In parallelo, in ambito ingegneristico, si è assistito in questi ultimi anni, all'avvento di nuove tecniche e dispositivi elettronici per interagire con il cervello e interfacciare il cervello con sistemi robotici o computers. Questi studi hanno fatto nascere negli ultimi 15-20 anni un nuovo promettente settore in cui l'utilizzo di chip elettronici si è ormai affermato come nuova modalità per lo sviluppo di interfacce cervello macchina (Brain Machine Interfaces, BMIs). Principalmente grazie a studi condotti negli USA, si è affermato il paradigma per cui è possibile estrarre in tempo reale l'informazione necessaria a muovere, per esempio, un arto robotico, registrando segnali da popolazioni neuronali in corteccia motoria e pre-motoria. I segnali neuronali che vengono scambiati nel cervello, vengono registrati e convertiti in segnali "utili" per attuare un sistema artificiale (un arto artificiale o un esoscheletro). Accanto alla possibilità di misurare l'attività elettrica dei neuroni attraverso chip elettronici, è possibile anche "stimolare" l'attività di neuroni posizionati in specifiche aree del cervello. E' questo il caso della Deep Brain Stimulation (Stimolazione profonda del cervello) in cui specifici elettrodi vengono utilizzati per inviare segnali elettrici in grado di produrre ulteriore attività elettrica nel cervello. Questo tipo di stimolazione, introdotta nella clinica già negli anni '90 per ridurre gli effetti dei sintomi (tremore) in pazienti affetti da Parkinson è oggi utilizzata anche per malattie psichiatriche quali disturbi ossessivi compulsivi e depressione profonda. In un futuro forse non lontano è possibile immaginare l'utilizzo di chip elettronici impiantati chirurgicamente nel cervello e connessi a specifici software sui nostri smart-phone attraverso i quali la terapia è somministrata non più per via farmacologica ma per via elettrica. Invece di utilizzare "molecole" che vengono assorbite e raggiungono il bersaglio (in questo caso il cervello) avremo forse a disposizione dei sistemi certamente invasivi ma diretti e posizionati direttamente nella regione del cervello che deve essere trattata. Accanto alle nuove frontiere che la tecnologia ci propone e alle possibili applicazioni, una riflessione di quello che può essere sviluppato e utilizzato in ambito clinico apre anche scenari in cui una riflessione in ambito etico e antropologico è certamente necessaria.