



28/06/2024, Laboratorio Sanità 20/30  
L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE IN SANITÀ tra etica e applicazione

## L'Intelligenza Artificiale applicata alle protesi

**Ing. Emanuele Gruppioni, PhD e Tecnico Ortopedico**

*Direttore tecnico Area ricerca  
Centro Protesi Inail*

**Inail - Direzione centrale assistenza protesica e riabilitazione**



Ogni anno circa **6.000** pazienti sono trattati con presidi ortopedici



### L'attività del Centro Protesi

#### Il trattamento protesico/orteseo/riabilitativo personalizzato



### Progetti di Ricerca: inquadramento generale e ambiti

L'Area Ricerca e Formazione del Centro Protesi INAIL lavora per *Programmi di Ricerca*, normalmente di durata triennale, approvati da una Commissione Tecnico-Scientifica, presieduta dal Direttore Generale dell'Inail, e dal Presidente dell'INAIL.

All'interno dei Programmi di Ricerca, i singoli progetti si possono classificare come progetti di medio-lungo termine e progetti di breve-medio termine: i primi si concentrano su *sfide scientifiche* di alto profilo e *ricerca di base* mentre i secondi sulla *ricerca applicata* e *trasferimento tecnologico*.

I progetti sono poi raggruppati per linee di ricerca:

- ✓ Protesica di Arto Superiore
- ✓ Protesica di Arto Inferiore
- ✓ Riabilitazione Robotica
- ✓ Chirurgia e Riabilitazione
- ✓ Sistemi di Valutazione



La rete della ricerca Inail in campo protesico-riabilitativo



### Workflow dei progetti basato sullo User-Centered Design

*Analisi dell'esperienza  
del Centro Protesi INAIL*

*Analisi delle  
soluzioni commerciali*

*Questionari ai pazienti  
Focus group*

*Declinazione delle specifiche funzionali*

*Definizione delle specifiche tecniche*

*Progettazione e sviluppo*

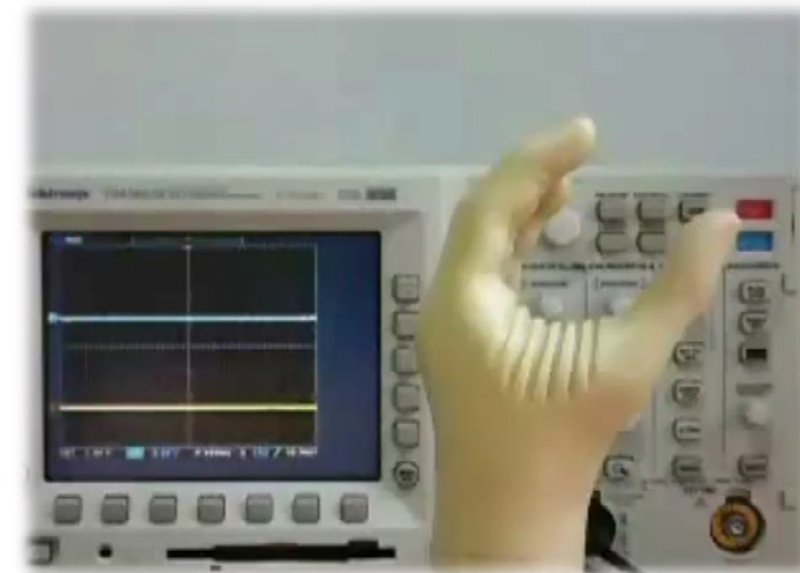
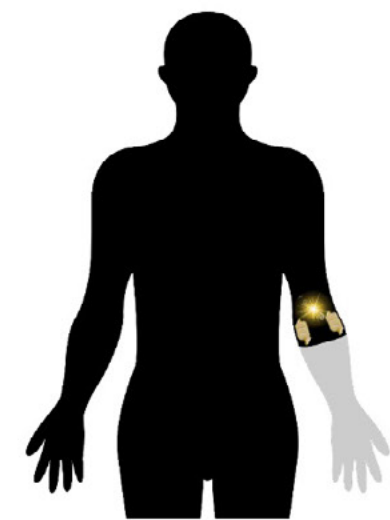
*Sperimentazione clinica*

*Validazione dei risultati*





### Controllo mioelettrico "tradizionale"



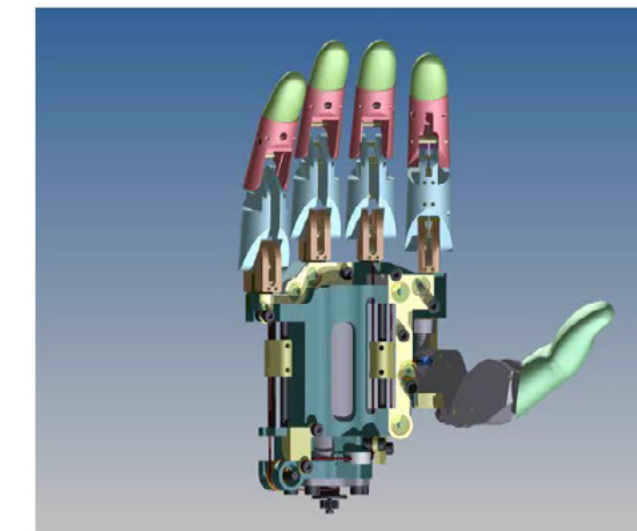
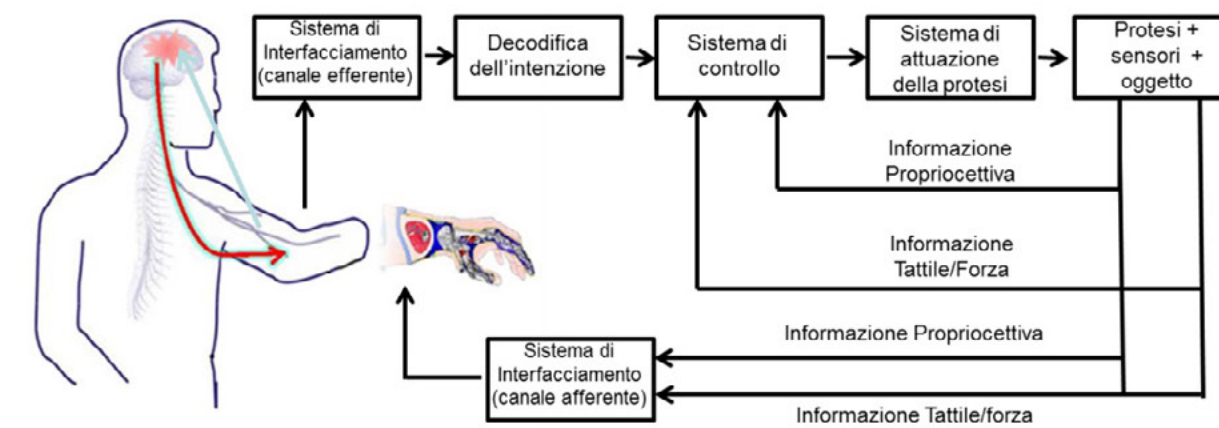
Il controllo mioelettrico prevede  
l'utilizzo di due sensori elettromiografici  
posizionati su due muscoli antagonisti



## Limiti

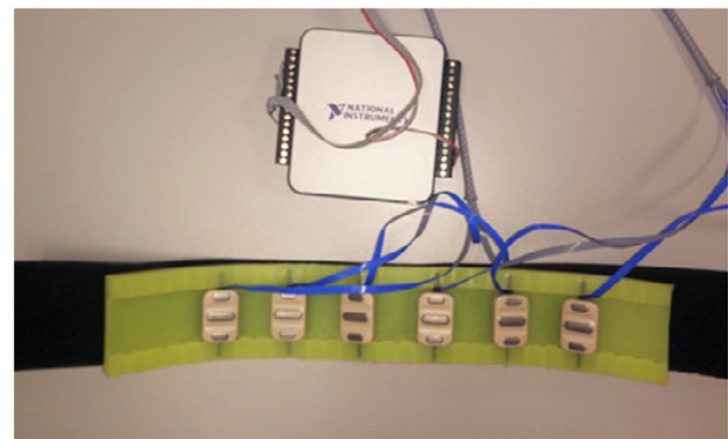
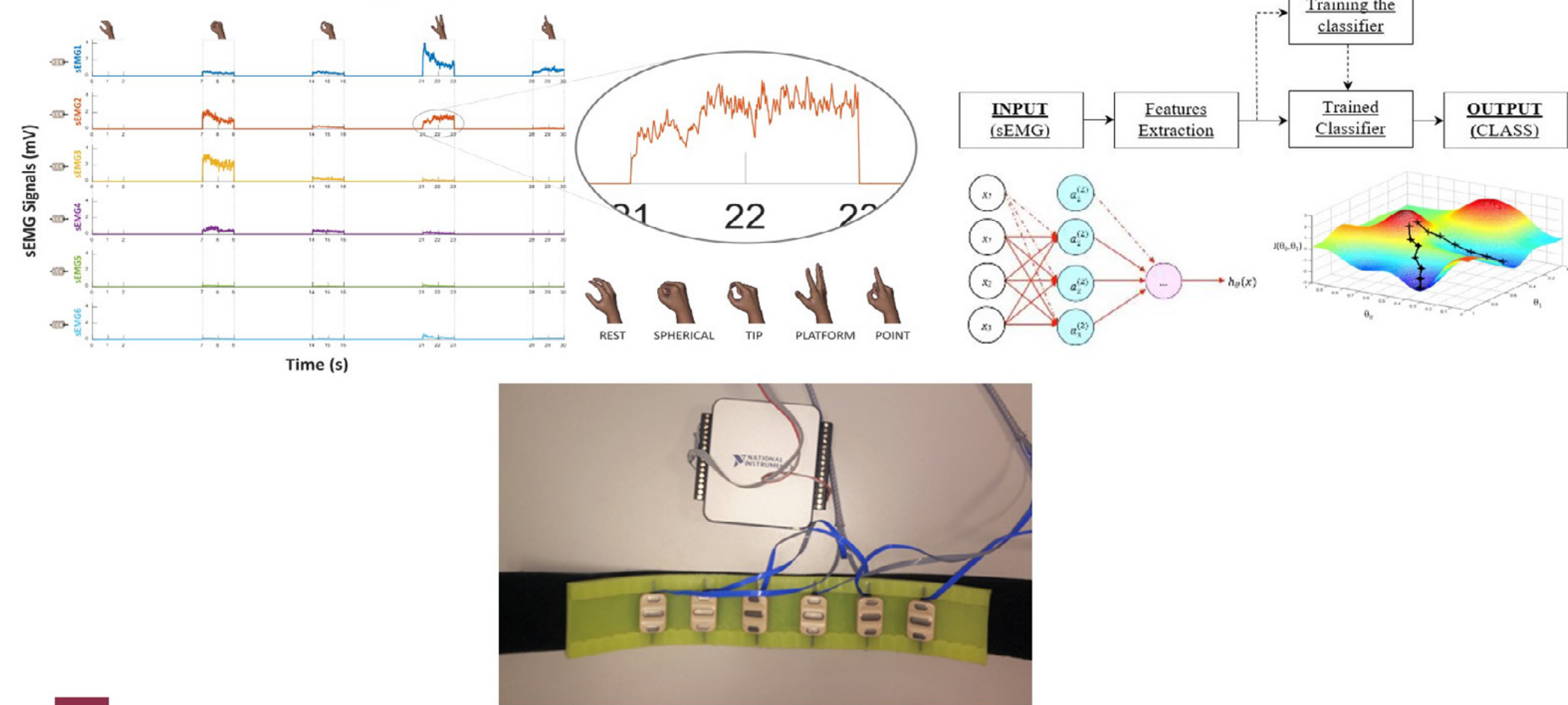
- Il controllo non è né fisiologico né intuitivo
- E' possibile controllare un solo DoF alla volta e il cambio di DoF avviene attraverso strategie cicliche di selezione del giunto attivo (es. Co-ContraZIONE)
- Non si sfruttano appieno tutte le potenzialità delle mani poliarticolate

Gli algoritmi di **intelligenza artificiale** permettono l'identificazione dell'**intenzione di movimento** e aprono nuove strade per il controllo protesico che possono portare al superamento di questi limiti.



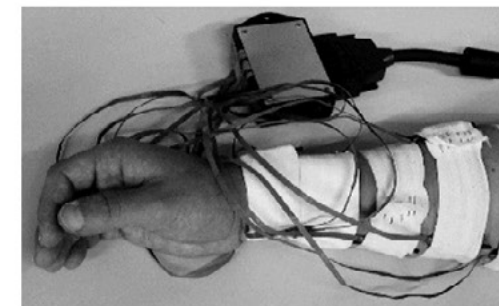


**AI: Pattern Recognition**

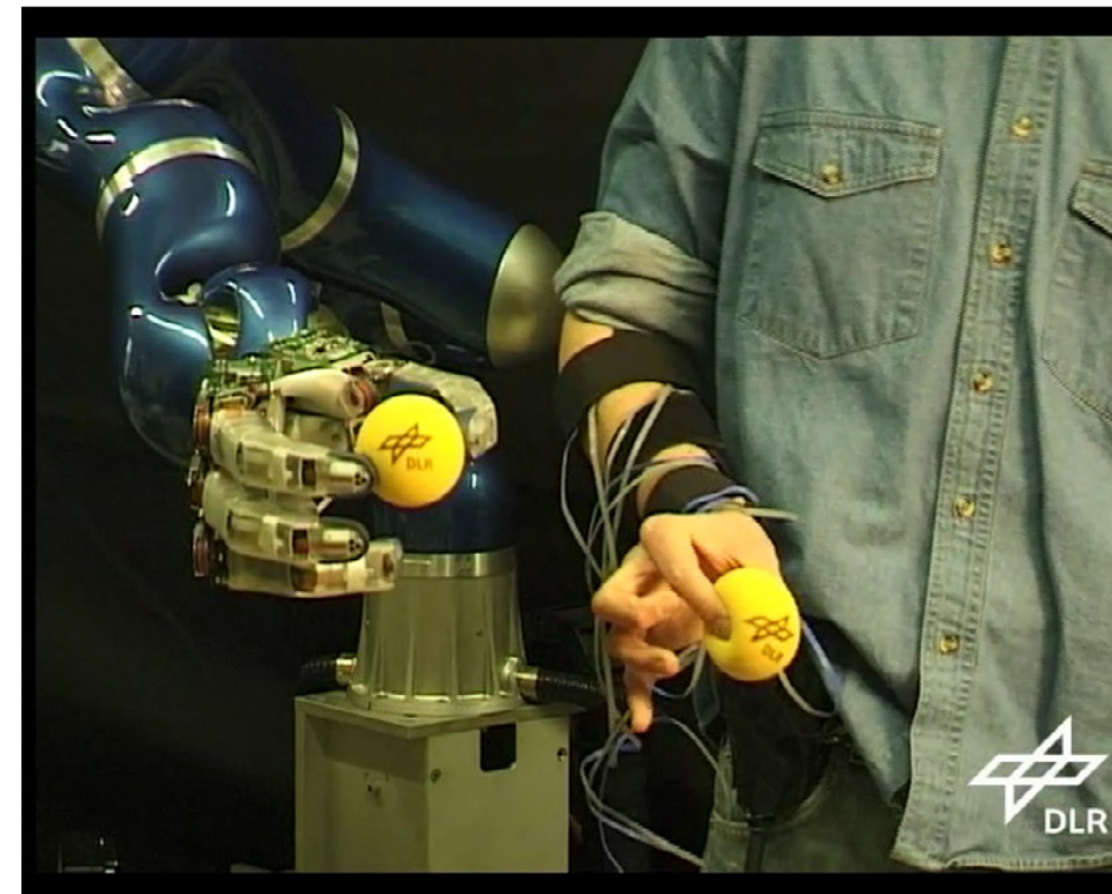


Alberto Dellacasa Bellingegni, et al. "NLR, MLP, SVM, and LDA: a comparative analysis on EMG data from people with trans-radial amputation." JNER 14.1 (2017): 1-16.

### Prove su soggetti sani



- ✓ 10 sensori EMG Otto Bock
- ✓ Soggetto sano
- ✓ Controllo in forza e posizione





### Prove su amputati



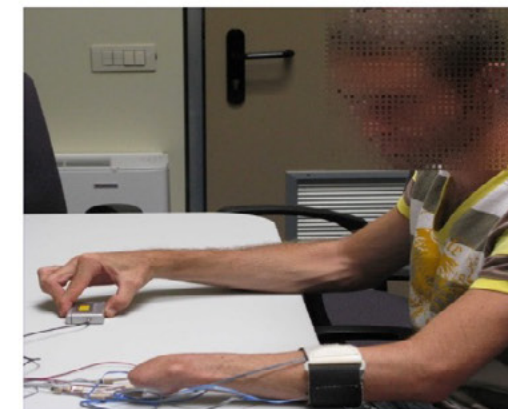
- ✓ 3 amputati transradiali
- ✓ 5 sensori EMG Otto Bock
- ✓ 1 sensore di forza
- ✓ Algoritmo di classificazione SVM

### Risultati

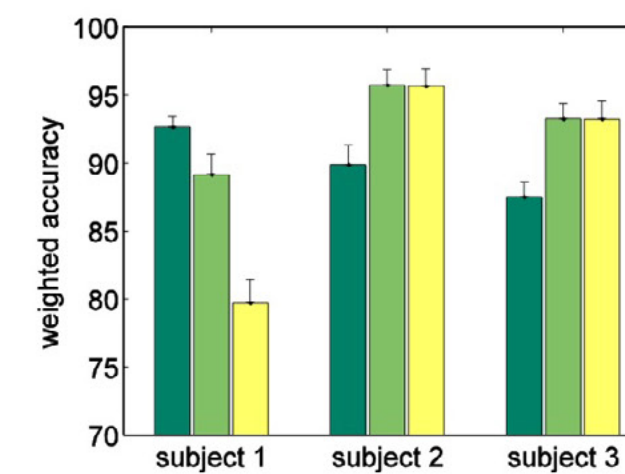
Per imitazione



Con azioni bilaterali

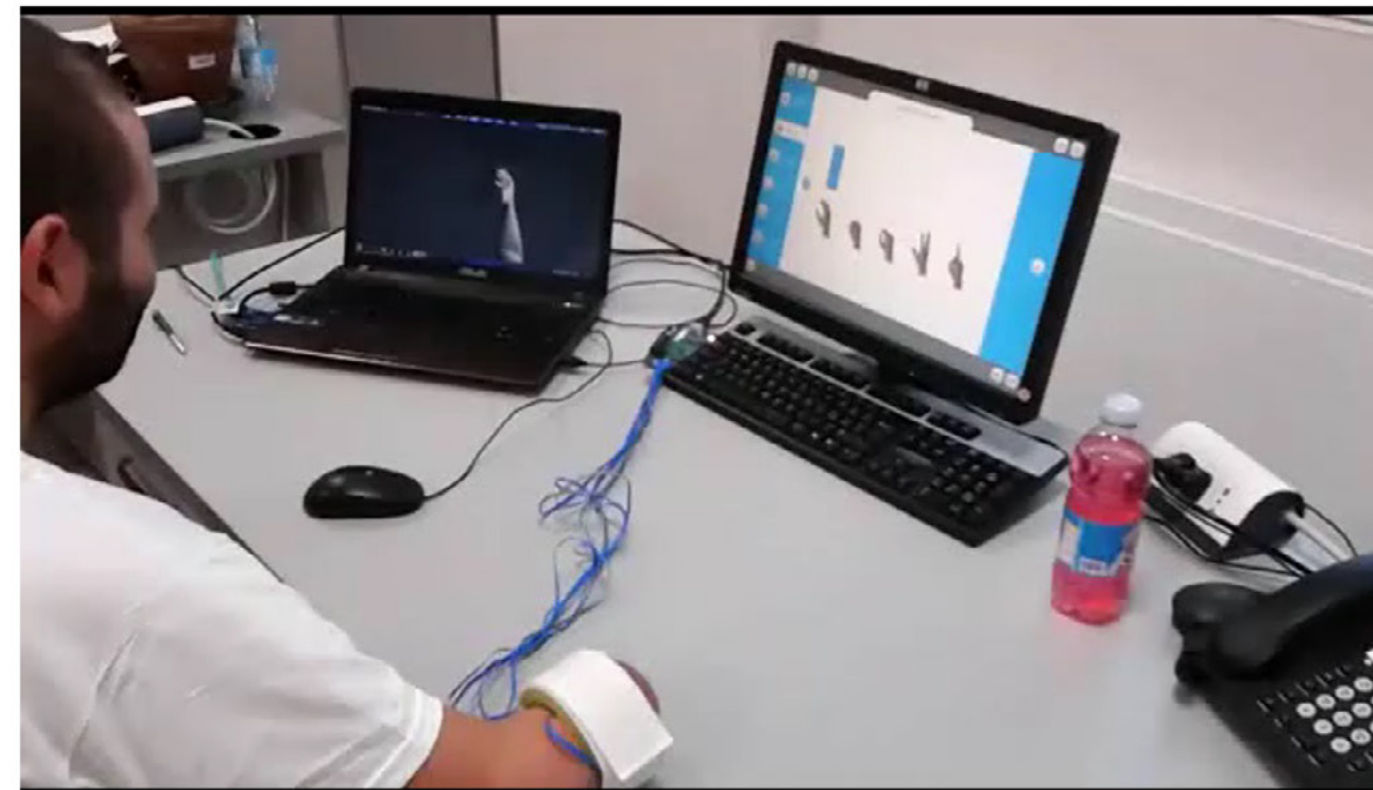


Con mirror-box

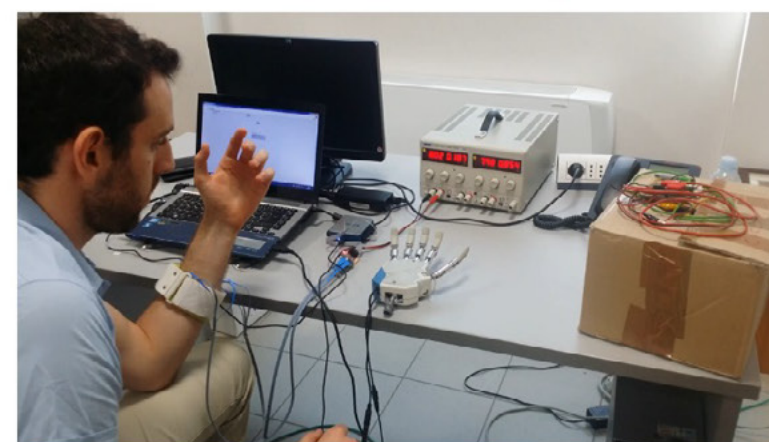




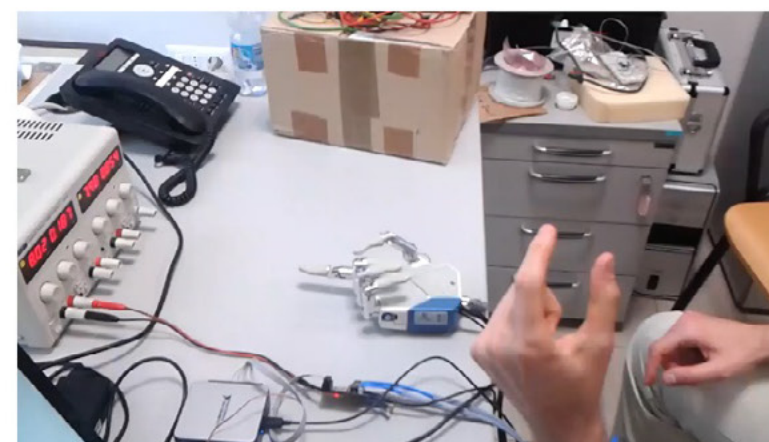
**Pattern Recognition e realtà virtuale**



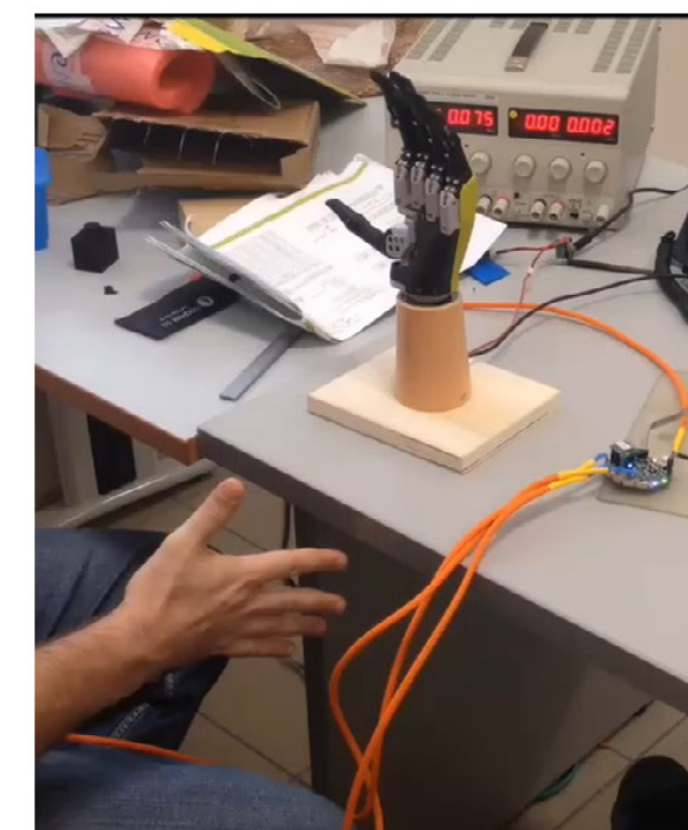
## Pattern Recognition: prontezza vs affidabilità



Una delle prime sfide è stata cercare il compromesso ottimo tra prontezza della classificazione e affidabilità

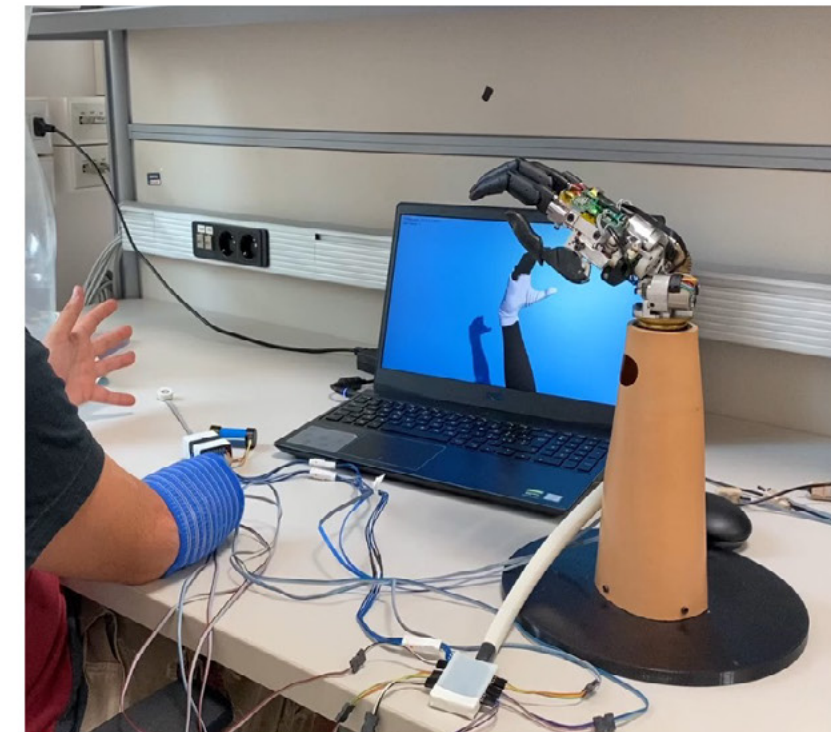


La customizzazione dell'algoritmo dipende da molteplici fattori tra cui la meccanica della protesi e la qualità del segnale EMG





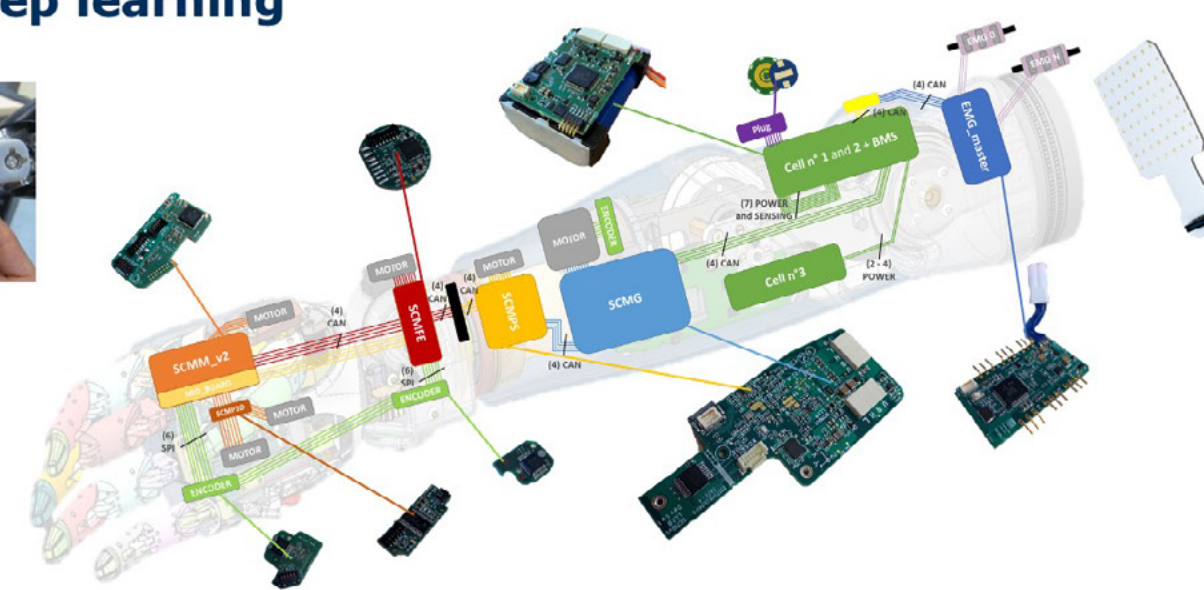
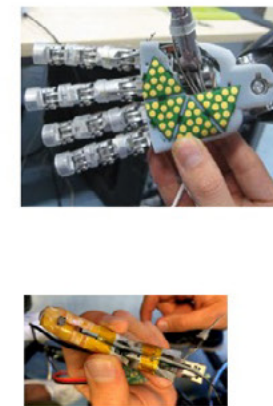
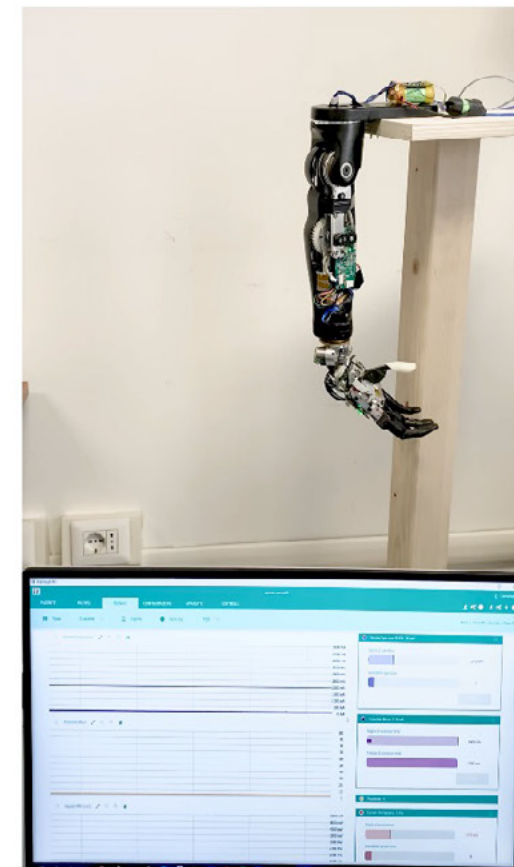
**Pattern Recognition: controllo di sistemi complessi per amputazioni maggiori**



Gli stessi algoritmi sono stati utilizzati per il controllo di diversi distretti anatomici di arto superiore

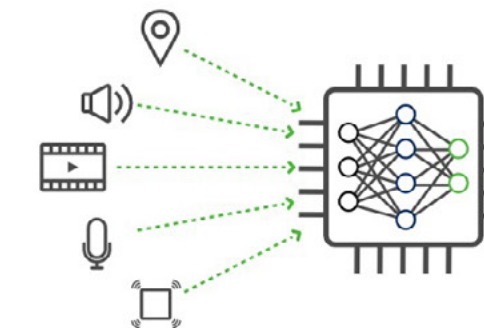


### Non solo EMG: data fusion e deep learning



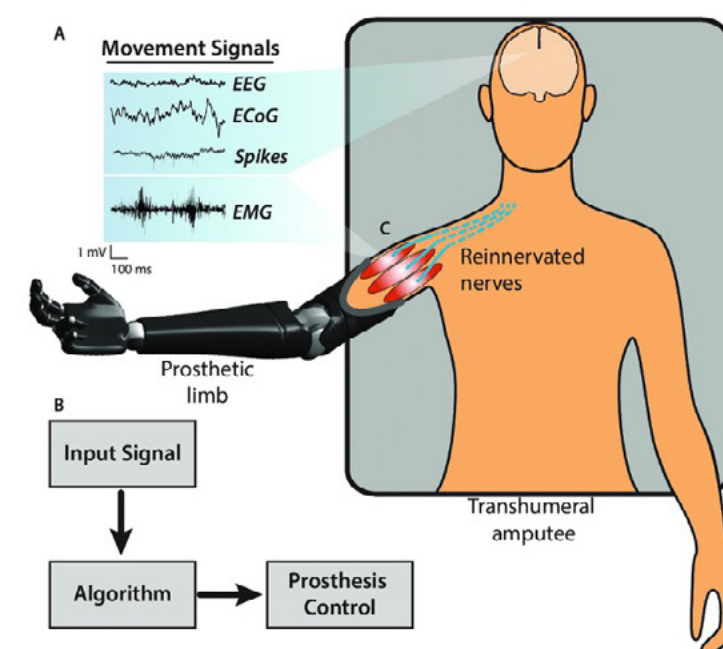
E' stata progettata una **nuova protesi sperimentale iper-sensorizzata**.

Sarà quindi possibile acquisire molteplici informazioni di natura molto diversa per sfruttare il **DATA Fusion** per allenare gli algoritmi di intelligenza artificiale.

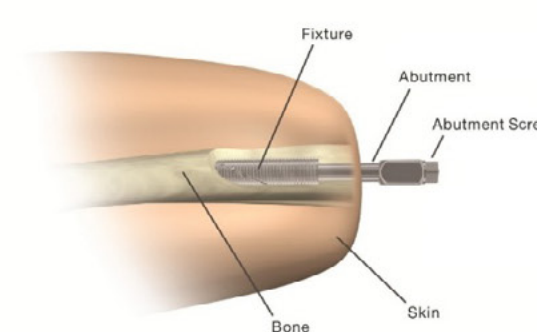




## TMR e Osteointegrazione



La **TMR** è una tecnica chirurgica con la quale **un muscolo residuo**, non più utile, è **prima de-nervato e poi re-innervato con i nervi residui dell'arto amputato**. In questo modo è possibile sviluppare nuovi siti muscolari da dedicare al controllo protesico riferiti ai distretti amputati e controllati dall'arto fantasma.



**L'Osteointegrazione** è una tecnica di ancoraggio della protesi esterna che si avvale di un impianto (**fixture**) connesso direttamente alla porzione residua dello segmento scheletrico amputato. A questo impianto viene fissato un connettore transcutaneo (**abutment**) a cui viene agganciata la protesi esterna d'arto.

Jönsson, Stewett al. "Osseointegration amputation prostheses on the upper limbs: methods, prosthetics and rehabilitation." *Prosthetics and orthotics international* 35.2 (2011): 190-200.

### Osseointegrazione+TMR



Paziente sottoposto ad intervento di Targeted Muscle Reinnervation (reinnervazione muscolare mirata) e osteointegrazione, a cui è stato applicato il sistema protesico HannesArm dotato di mano (Hannes), polso e gomito attivi e di strategie di controllo diretto simultaneo.

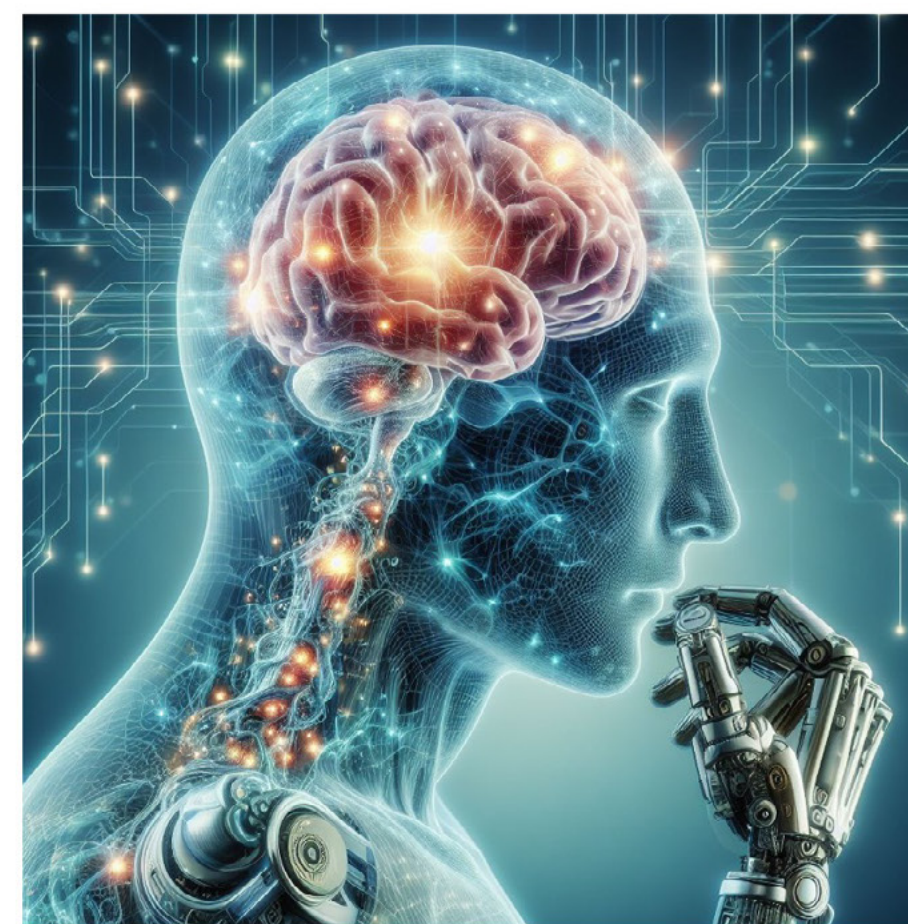


## Conclusioni

Pensando alle funzionalità di una protesi esterna d'arto spesso si ritiene che queste appartengano alla dimensione del **"fare"** ma invece appartengono anche, e soprattutto, a quella dell' **"essere"**, quindi non solo quali azioni della vita quotidiana si riescono a compiere ma anche cosa rappresenta la protesi per il portatore, come si integra nel suo schema corporeo e nella sua vita.

La bionica, la **biointegrazione della tecnologia** che si avvale anche dell'intelligenza artificiale nel ruolo di "interprete" dell'intenzione di movimento dei pazienti, è il futuro non solo della protesica esterna d'arto ma del trattamento di numerose patologie, e probabilmente sarà il futuro anche di applicazioni comuni senza valenza riabilitativa.

**Tutto ciò modificherà profondamente il significato comune dei termini abilità e disabilità.**





**INAIL**  
DIREZIONE CENTRALE  
ASSISTENZA PROTESICA  
E RIABILITAZIONE

**Grazie per l'attenzione**



### **Delitti in materia di violazione del diritto d'autore (Art. 25-novies, D.Lgs. n. 231/2001) [articolo aggiunto dalla L. n. 99/2009]**

- Messa a disposizione del pubblico, in un sistema di reti telematiche, mediante connessioni di qualsiasi genere, di un'opera dell'ingegno protetta, o di parte di essa (art. 171, legge n.633/1941 comma 1 lett. a) bis)
- Reati di cui al punto precedente commessi su opere altrui non destinate alla pubblicazione qualora ne risulti offeso l'onore o la reputazione (art. 171, legge n.633/1941 comma 3)
- Abusiva duplicazione, per trarne profitto, di programmi per elaboratore; importazione, distribuzione, vendita o detenzione a scopo commerciale o imprenditoriale o concessione in locazione di programmi contenuti in supporti non contrassegnati dalla SIAE; predisposizione di mezzi per rimuovere o eludere i dispositivi di protezione di programmi per elaboratori (art. 171-bis legge n.633/1941 comma 1)
- Riproduzione, trasferimento su altro supporto, distribuzione, comunicazione, presentazione o dimostrazione in pubblico, del contenuto di una banca dati; estrazione o reimpiego della banca dati; distribuzione, vendita o concessione in locazione di banche di dati (art. 171-bis legge n.633/1941 comma 2)
- Abusiva duplicazione, riproduzione, trasmissione o diffusione in pubblico con qualsiasi procedimento, in tutto o in parte, di opere dell'ingegno destinate al circuito televisivo, cinematografico, della vendita o del noleggio di dischi, nastri o supporti analoghi o ogni altro supporto contenente fonogrammi o videogrammi di opere musicali, cinematografiche o audiovisive assimilate o sequenze di immagini in movimento; opere letterarie, drammatiche, scientifiche o didattiche, musicali o drammatico musicali, multimediali, anche se inserite in opere collettive o composite o banche dati; riproduzione, duplicazione, trasmissione o diffusione abusiva, vendita o commercio, cessione a qualsiasi titolo o importazione abusiva di oltre cinquanta copie o esemplari di opere tutelate dal diritto d'autore e da diritti connessi; immissione in un sistema di reti telematiche, mediante connessioni di qualsiasi genere, di un'opera dell'ingegno protetta dal diritto d'autore, o parte di essa (art. 171-ter legge n.633/1941)
- Mancata comunicazione alla SIAE dei dati di identificazione dei supporti non soggetti al contrassegno o falsa dichiarazione (art. 171-septies legge n.633/1941)
- Fraudolenta produzione, vendita, importazione, promozione, installazione, modifica, utilizzo per uso pubblico e privato di apparati o parti di apparati atti alla decodificazione di trasmissioni audiovisive ad accesso condizionato effettuate via etere, via satellite, via cavo, in forma sia analogica sia digitale (art. 171-octies legge n.633/1941).

**[Torna all'inizio](#)**