10° Convegno di Traumatologia Clinica e Forense

17° Corso di Ortopedia, Traumatologia e Medicina Legale

INAIL CENTRO PROTESI

CONTROLLO DELLE PROTESI DI ARTO SUPERIORE MEDIANTE MACHINE LEARNING: ASPETTI TECNICI E IMPATTO SULLA RIABILITAZIONE

Ing. Emanuele Gruppioni, T.O.

Centro Protesi Inail

Direttore tecnico Area Ricerca e Formazione

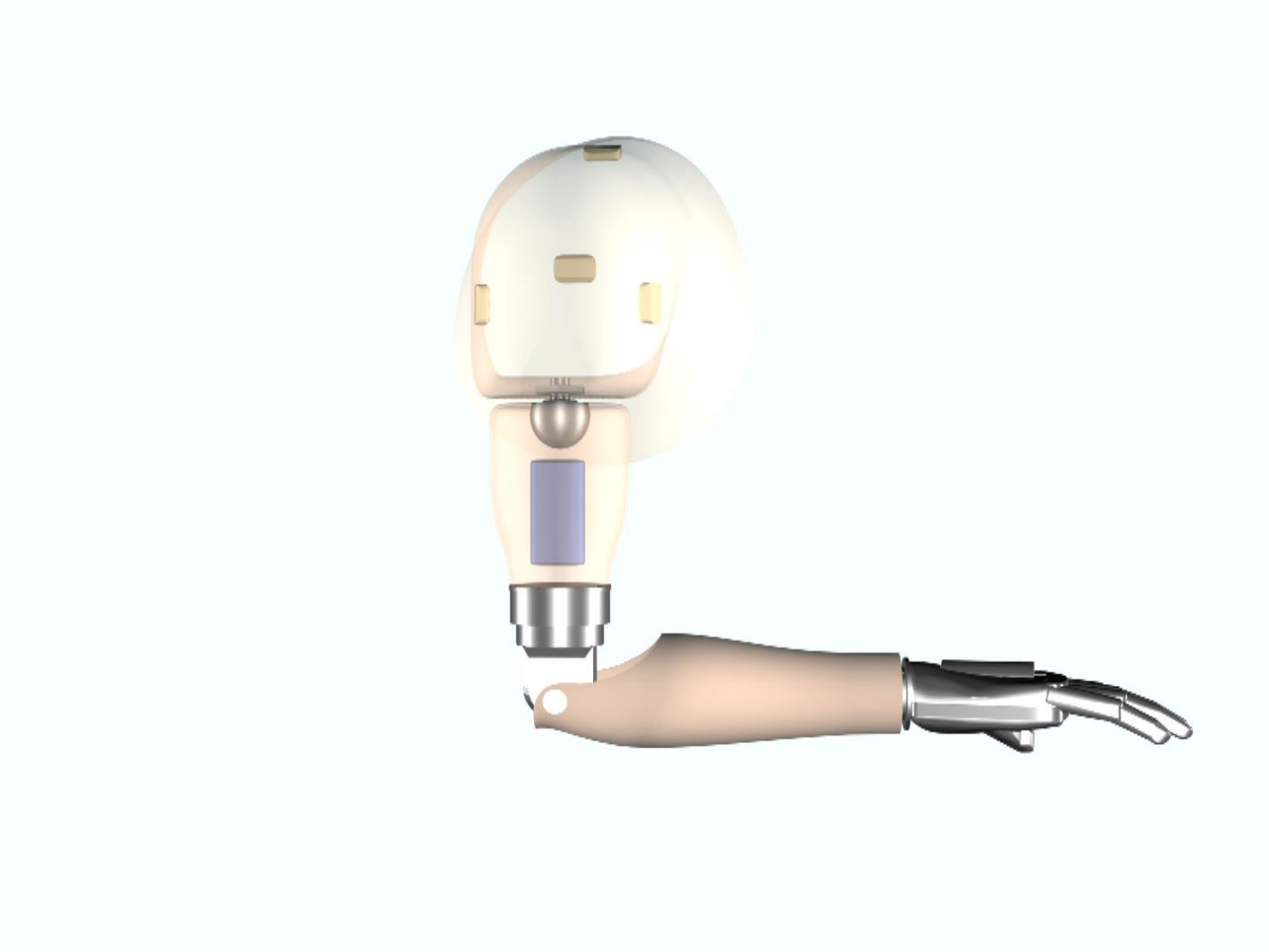
Salsomaggiore Terme, 29-30 novembre 2019

UNI EN ISO 9001-2008

Struttura delle protesi mioelettriche

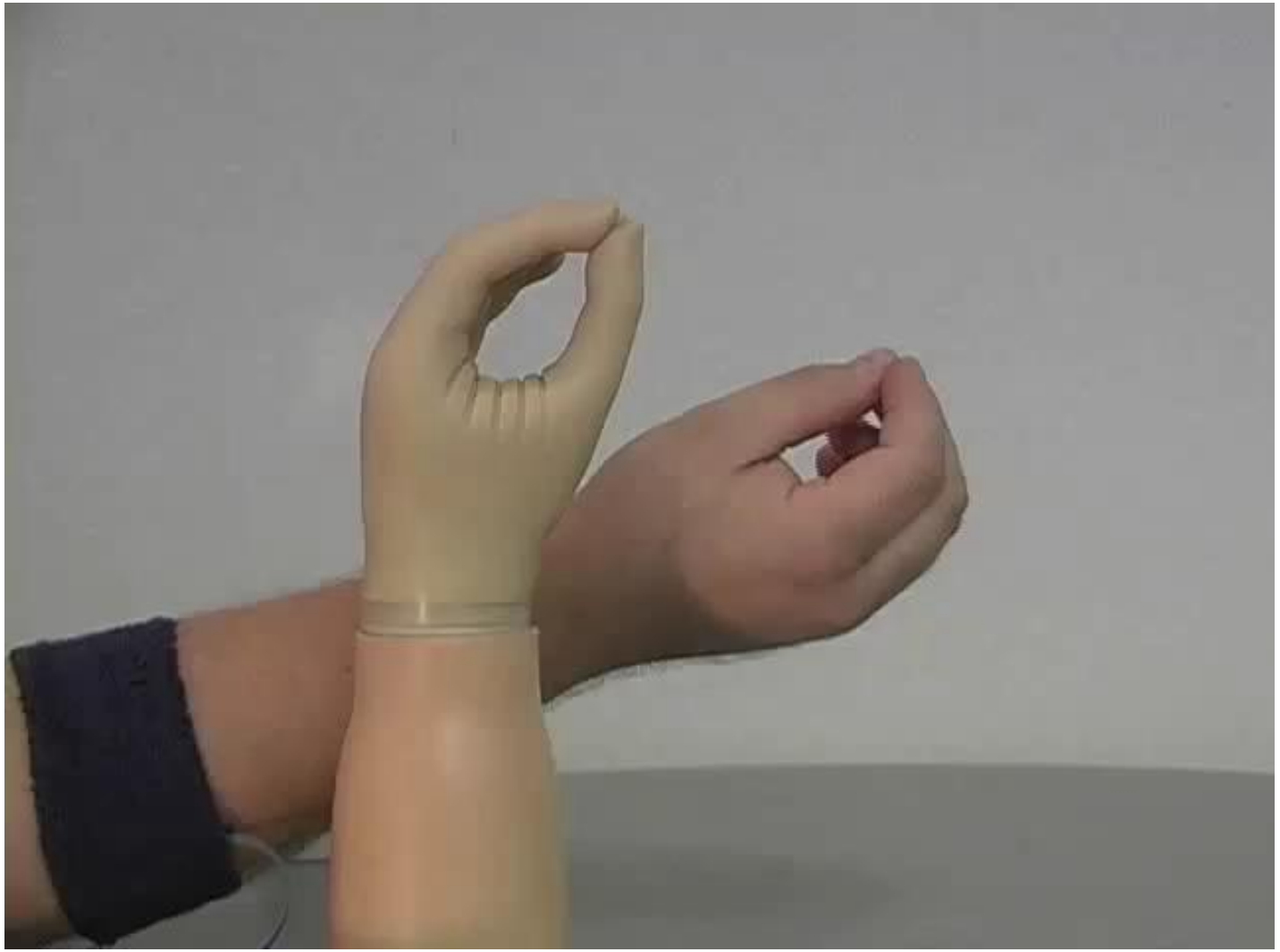
Gli elementi principali:

- ✓ Invasatura
- ✓ Sensori EMG
- ✓ Unità di controllo centrale
- ✓ Sistema di alimentazione a batterie
- ✓ Giunti articolari attivi
- ✓ Giunti articolari passivi



Protesi per amputazione transradiale

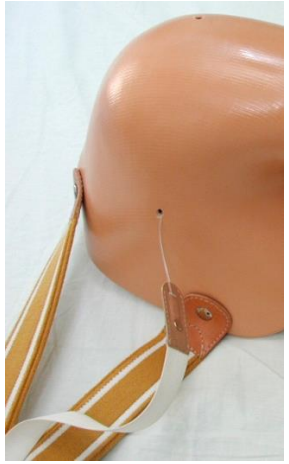
Il controllo è realizzato mediante 2 sensori EMG di superficie: uno controlla l'apertura e l'altro la chiusura della mano.



Protesi per amputazione transradiale: mano poliarticolata e rotatore

Il controllo è realizzato mediante 2 sensori EMG di superficie: uno controlla l'apertura della mano e la supinazione e l'altro la chiusura della mano e la pronazione, discriminando mano da polso in base a delle soglie.

Protesi per amputazione transomerale



Il controllo è realizzato mediante 2 sensori EMG di superficie e un pulsante di switch: quest’ultimo commuta tra le diverse articolazioni attive e mediante il sensore sul trapezio il paziente controlla la chiusura della mano, la pronazione del polso e la flessione del gomito mentre mediante il sensore sul deltoide il paziente controlla l’apertura della mano, la supinazione del polso e l’estensione del gomito.

La poliarticolarità

Il passaggio a protesi con elevato numero gradi di libertà allo scopo di:

Aumentare la funzionalità delle protesi → Maggior numero di attività possibili

Migliorare l'accettabilità delle protesi → Caratteristiche decisamente più antropomorfe

Complessità maggiore

Dei meccanismi

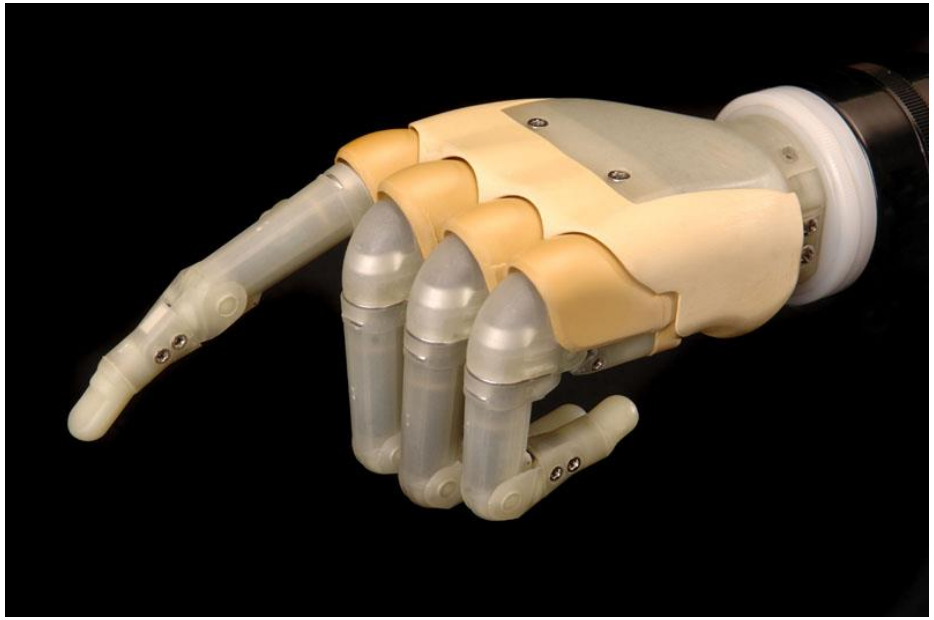
Dell'elettronica e del software

Della cosmesi

↔

! Del controllo

Pattern Recognition



Sebbene le mali poliarticolate posseggano dita indipendenti, con le normali strategie di controllo il paziente non riesce a controllarle indipendentemente.

Tramite l'elettromiografia di superficie è possibile controllare le mani in modo più intuitivo ed efficace?

Algoritmi di pattern recognition

Pattern Recognition

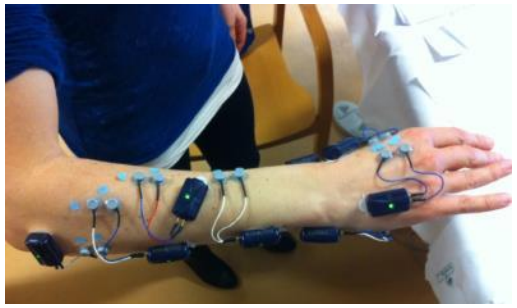
La Patter Recognition è una branca del Machine Learning in cui l'intelligenza artificiale viene applicata allo scopo generale di

CLASSIFICARE DATI

Un pattern rappresenta un insieme di dati, di misure, con caratteristiche specifiche ed identificabili.

Dati quali:

- ✓ EEG
- ✓ Sequenze DNA
- ✓ Analisi del sangue
- ✓ Immagini



Pattern Recognition

La Pattern Recognition è in grado stabilire se un nuovo dato appartenga a una certa classe nell'insieme delle classi, e con quale probabilità vi appartiene.

Così come per l'uomo, l'apprendimento nella Pattern Recognition si basa sull'

ESPERIENZA

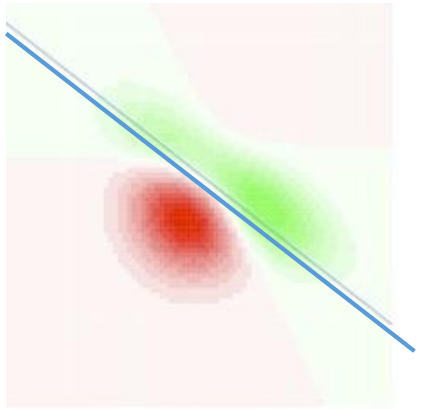
Un classificatore perché possa funzionare bene dev'essere quindi

ADDESTRATO (FASE DI TRAINING)

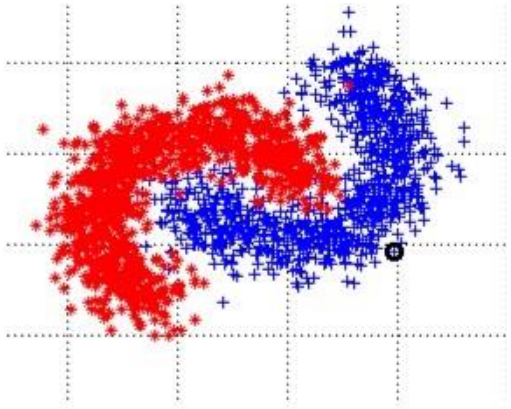
Pattern Recognition

Il Training consiste nel mostrare all'algoritmo di classificazione un set di dati preclassificati in modo tale che i sui parametri si ottimizzino per una corretta classificazione di nuovi pattern.

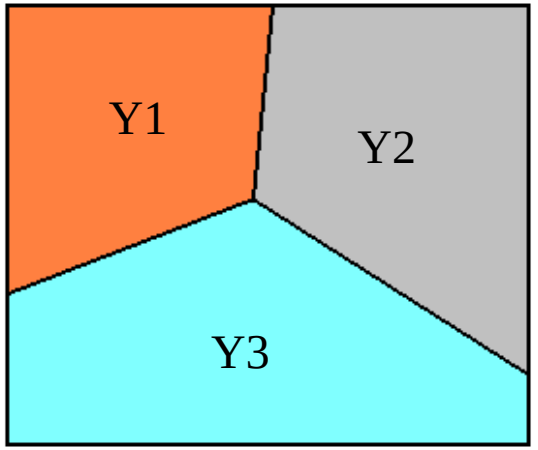
Tra i più noti algoritmi troviamo:
Linear Discriminant Analysis (LDA)
Artificial Neural Network (ANN)
Support Vector Machines (SVM)

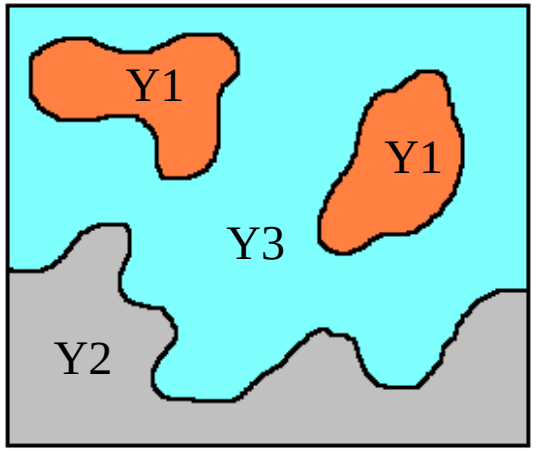


Linearly separable



Not-Linearly separable





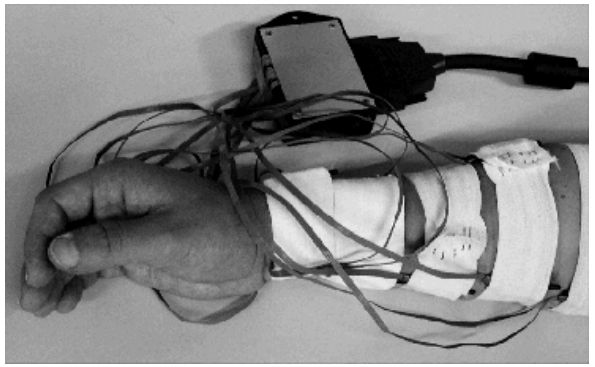
Un buon classificatore dev’essere in grado di

GENERALIZZARE

cioè classificare con una certa **accuratezza** istanze che non fanno parte del training set (nuovi dati).

Accuratezza
Indica la performance, quindi la bontà di un classificatore valutando il numero di classificazioni corrette rispetto al totale di classificazioni, ed esprimendo il valore in percentuale.

Prove su soggetti sani

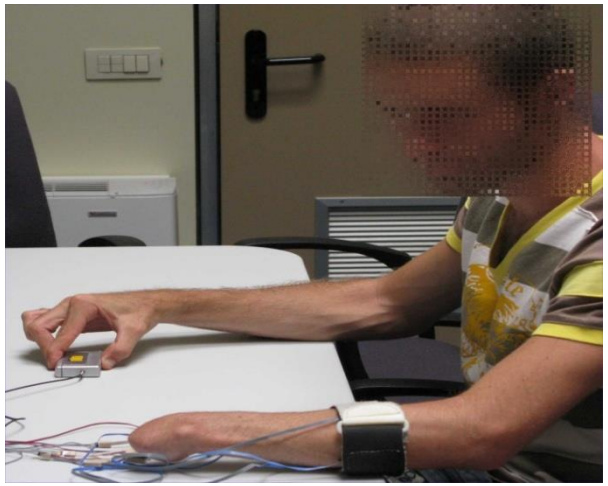


- ✓ 10 sensori EMG Otto Bock
- ✓ Soggetto sano
- ✓ Controllo in forza e posizione

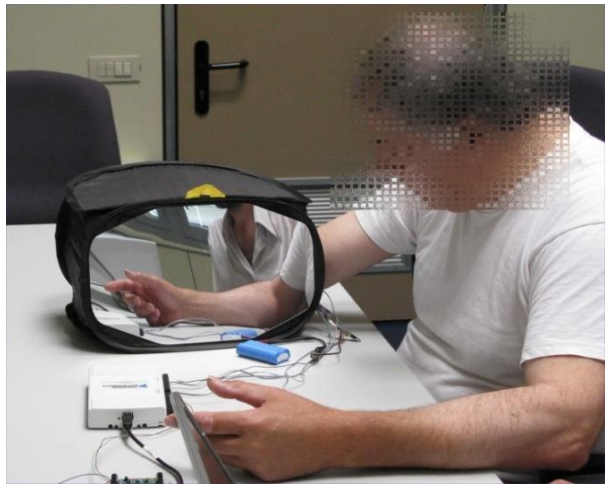
Prove su amputati

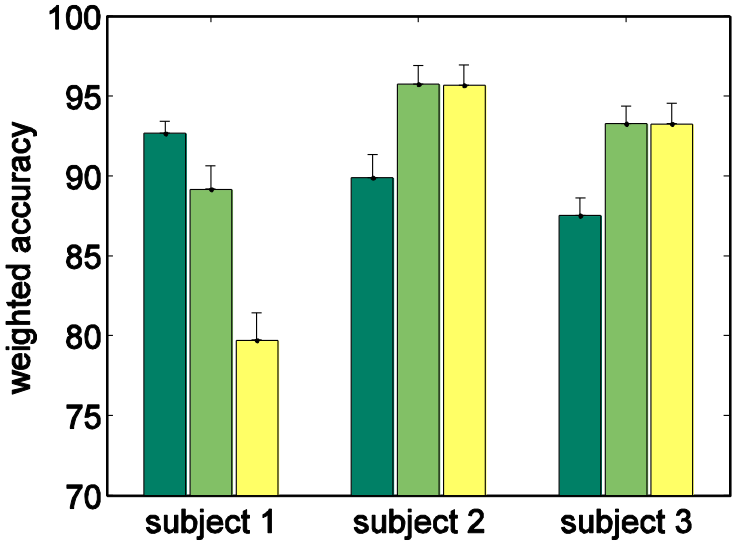
Per imitazione

Con azioni bilaterali



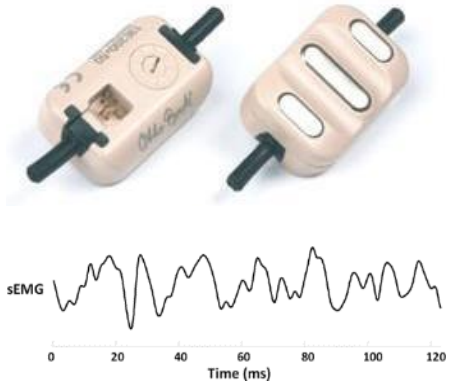
Con mirror-box



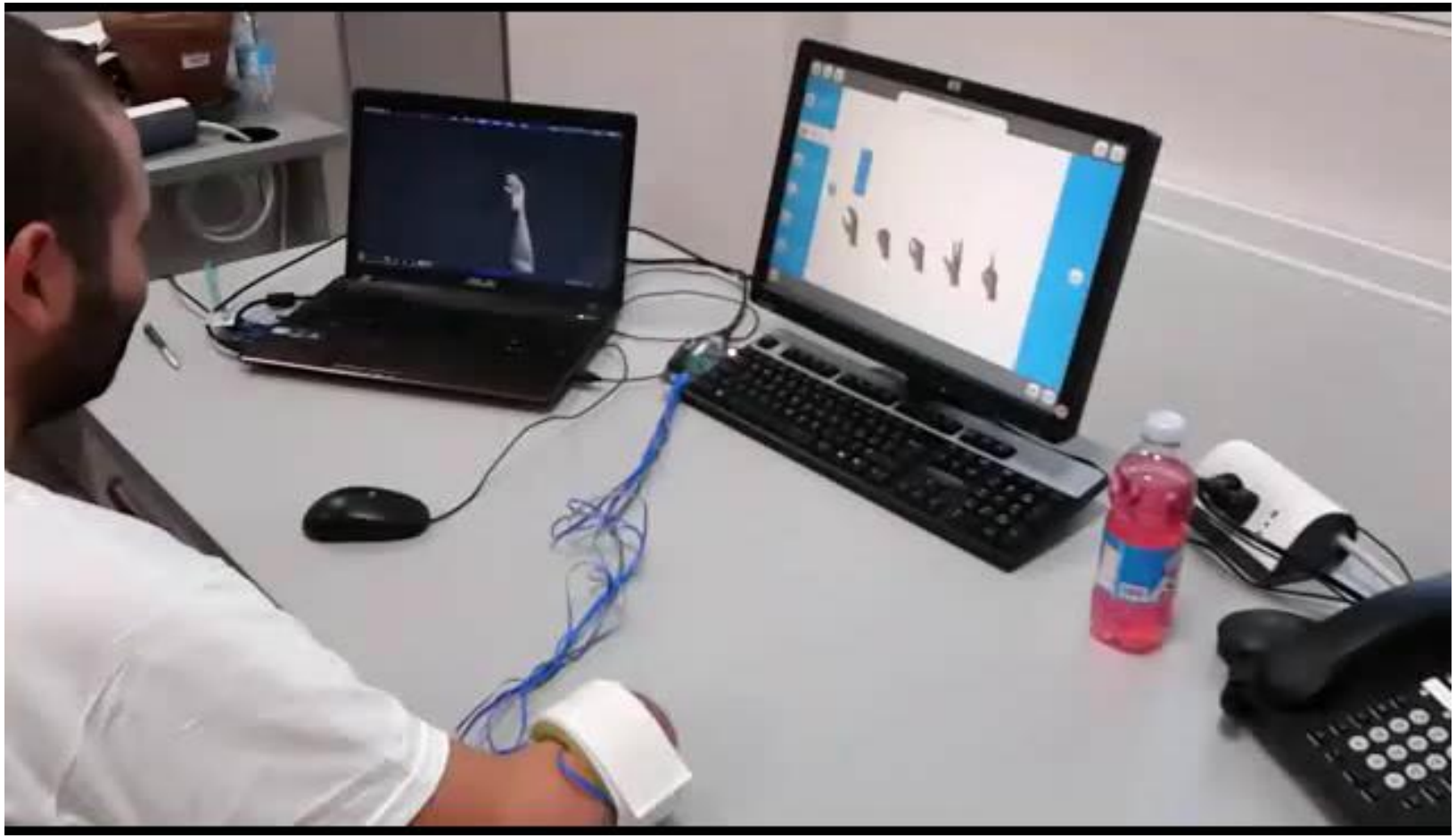


Setup

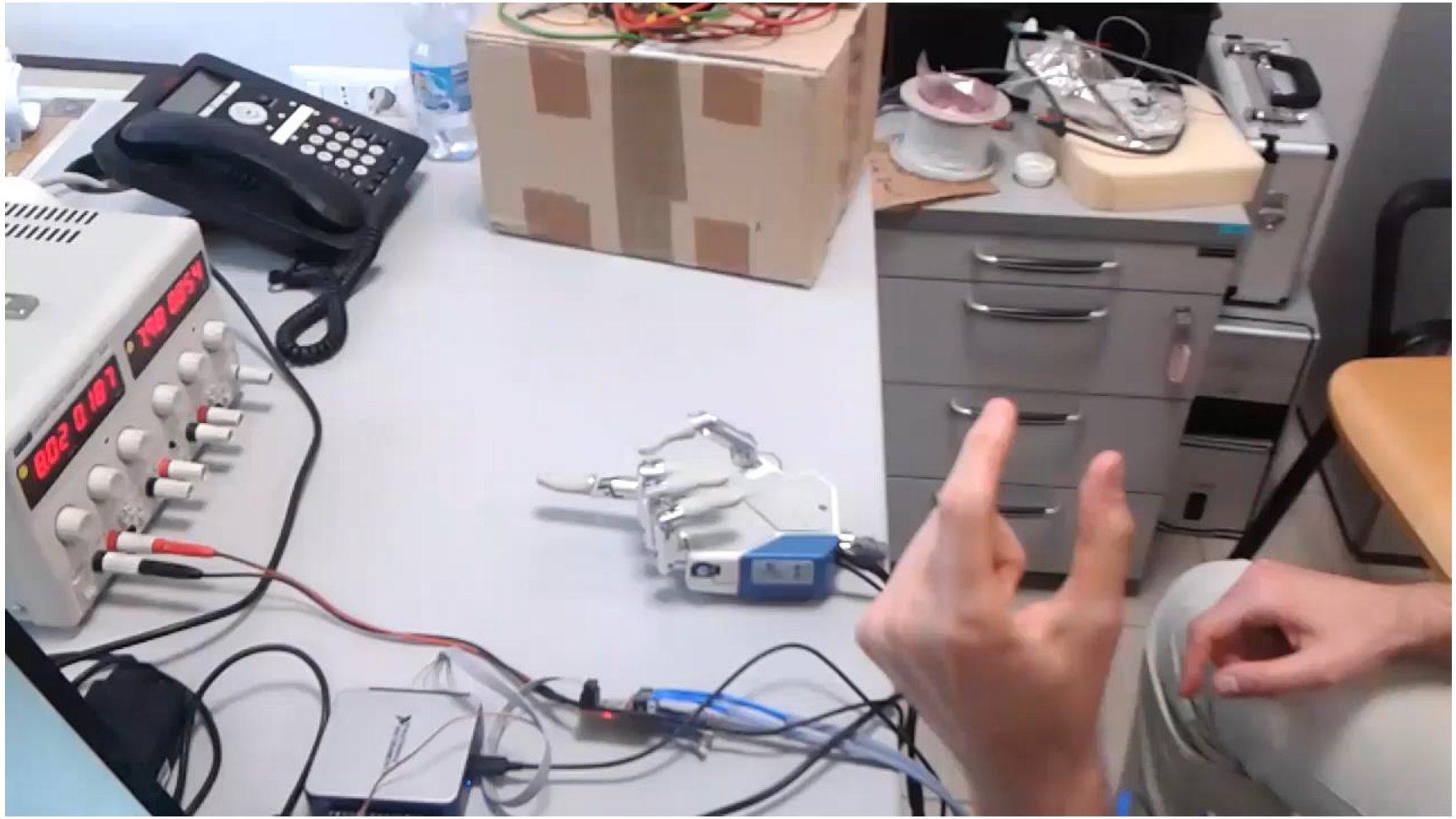
A partire da 6 segnali sEMG, utilizzando ANN come algoritmo di classificazione e 3 feature (RMS, media e WA), è in grado di classificare 5 gesti della mano e di muovere in modo coerente una mano virtuale.



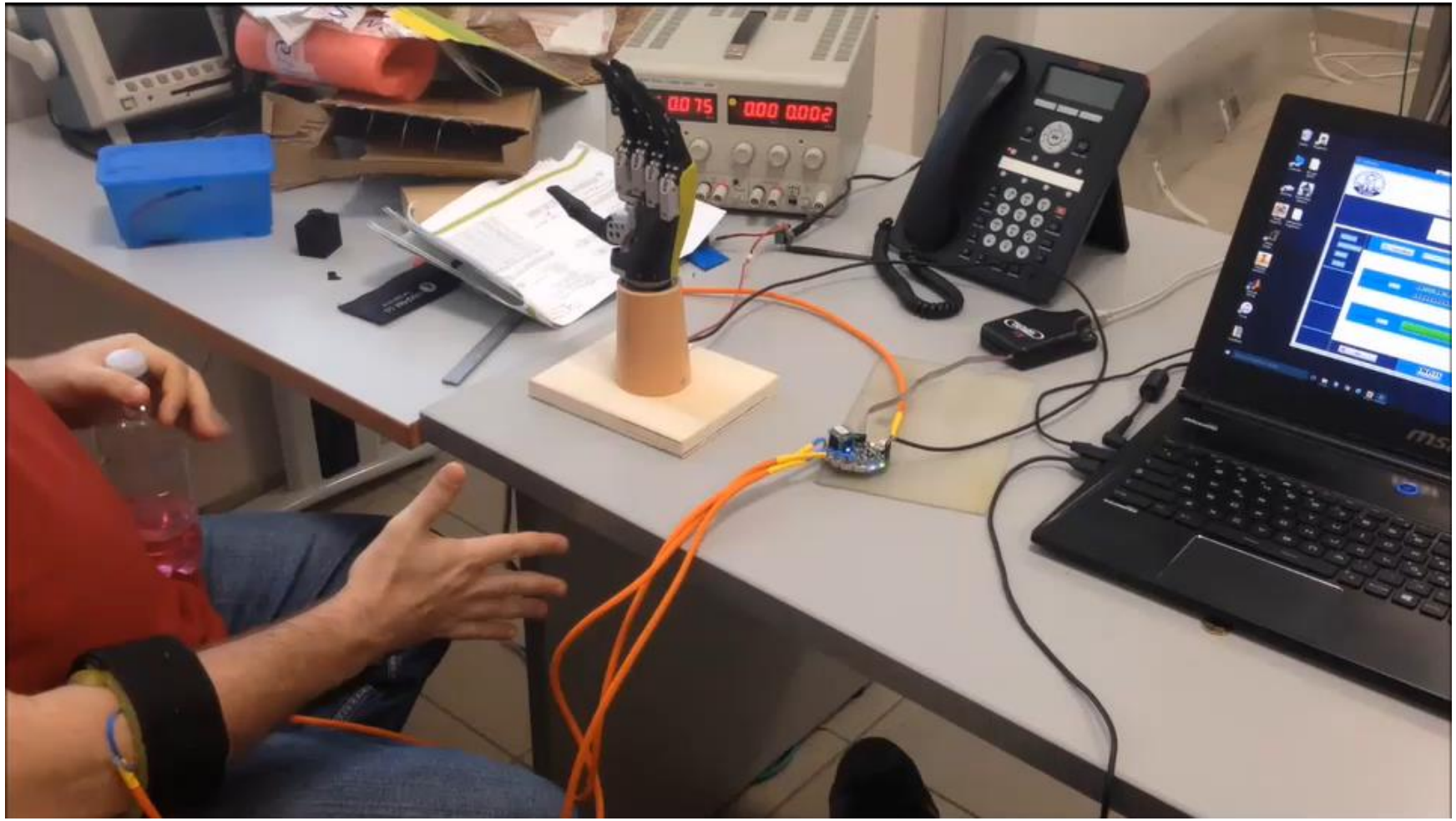
Pattern Recognition e realtà virtuale



Pattern Recognition: verso un sistema embedded

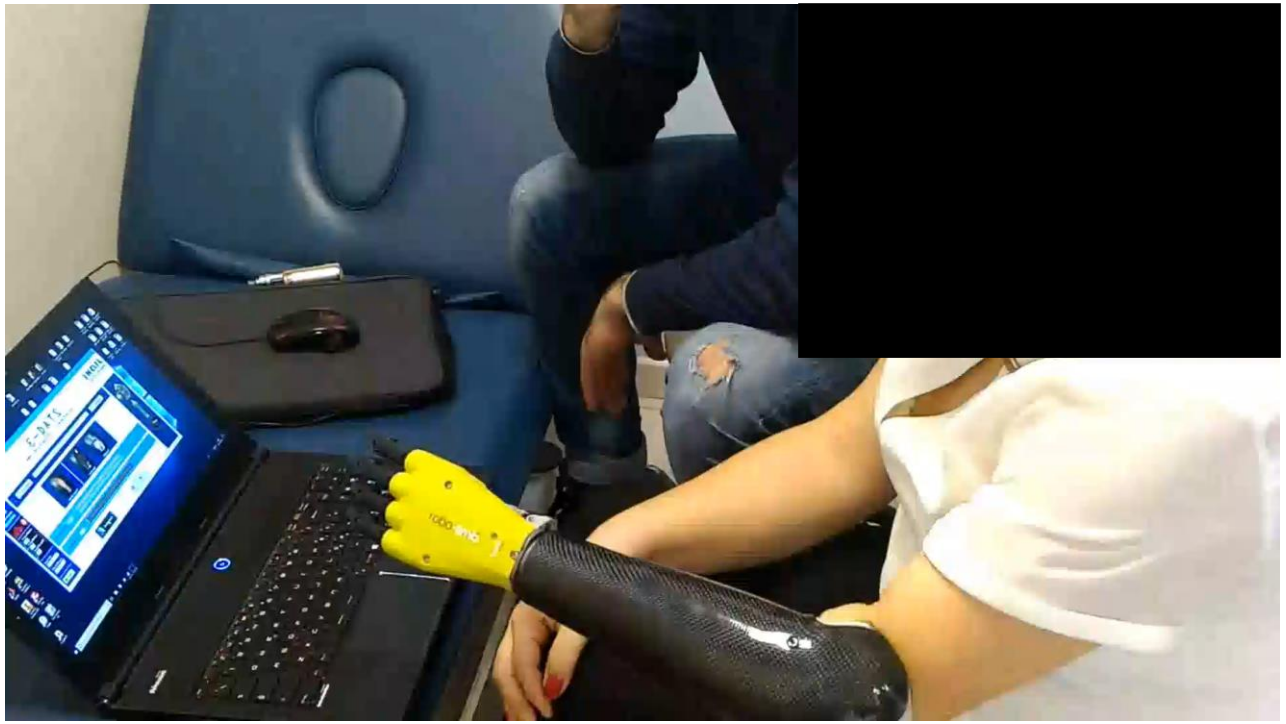


Pattern Recognition: alla ricerca della stabilità

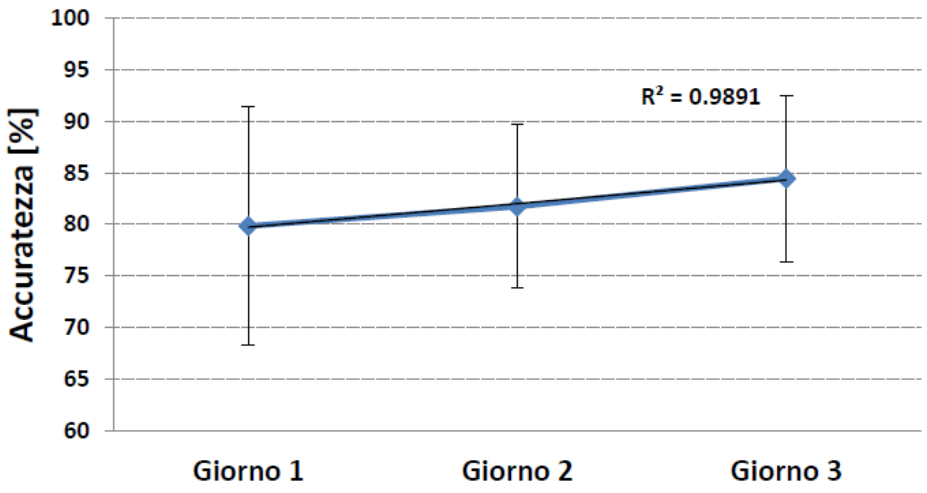


Prove con il sistema Hannes

Fitting del primo paziente con mano poliarticolata



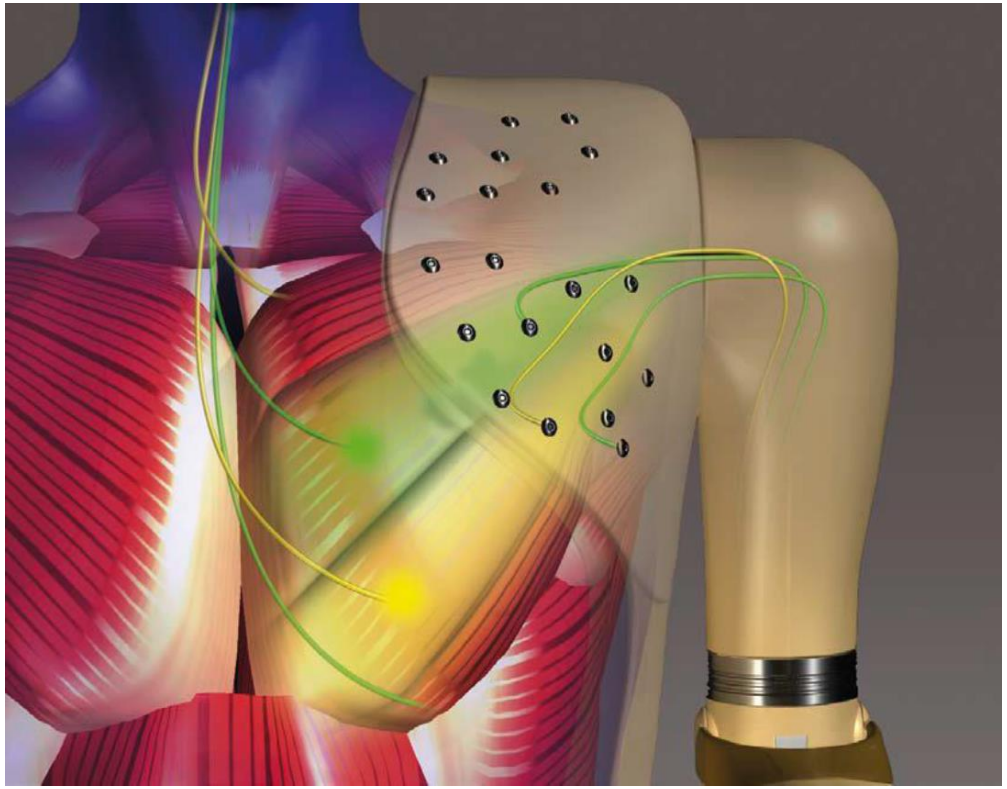
Controllo più fisiologico legato alla rappresentazione dell’arto fantasma.



L’allenamento della mobilità dell’arto fantasma dei pazienti aumenta l’accuratezza dei classificatori e di conseguenza migliora il controllo della protesi.

Occorre fare di meglio: TMR e TMS

La TMR (Targeted Muscle Reinnervation) e la TSR (Targeted Sensory Reinnervation) sono tecniche chirurgiche che, mediante il trasferimento dei nervi residui, consentono, rispettivamente, di aumentare i i segnali per il controllo e di restituire un feedback sensoriale.



Nuova architettura protesica

Grazie per l’attenzione!