Il progetto di ricerca PPR2: Controllo della Protesi di Arto Superiore con Interfacce Neurali Invasive

PPR2

Controllo della protesi di arto superiore con interfacce neurali invasive

CONVENZIONE UCBM-INAIL

Eugenio Guglielmelli
Prorettore alla Ricerca
Direttore, Unità di Ricerca Robotica Biomedica e Biomicrosistemi
Università Campus Bio-Medico di Roma

FORUM PA 2015:
ricerca e sperimentazione del Centro Protesi INAIL

Palazzo dei Congressi, Roma
27 Maggio 2015

UNIVERSITÀ CAMPUS BIO-MEDICO DI ROMA

Università Campus Bio-Medico di Roma - Via Álvaro del Portillo, 21 - 00128 Roma – Italia
www.unicampus.it

Progetto PPR2
Controllo della Protesi di Arto Superiore con Interfacce Neurali Invasive

PPR2
Controllo della protesi di arto superiore con interfacce neurali invasive
CONVENZIONE UCBM-INAIL

Data inizio progetto: 02/05/2014

Data fine progetto: 01/05/2017

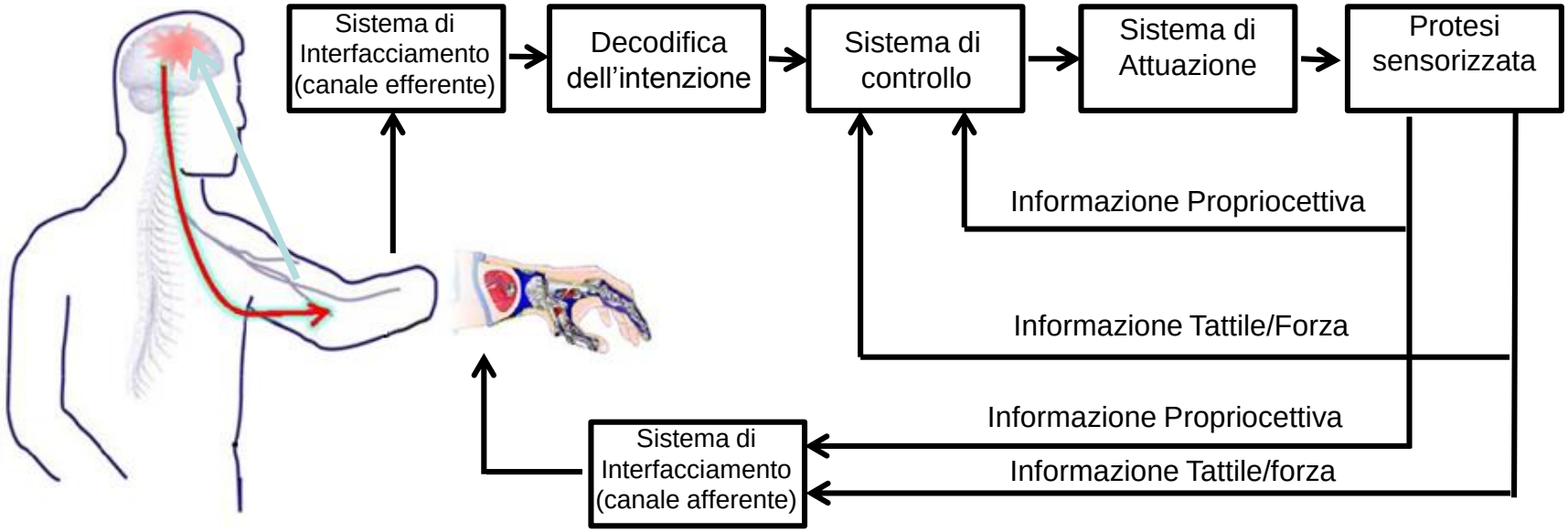
Partners:

Centro Protesi INAIL	***Università Campus Bio-Medico di Roma***
Ing. A. Davalli	Prof.ssa. L. Zollo
Dott.ssa S. Castellano	Prof.ssa S. Sterzi

Gruppo di progetto UCBM: 7 post-doc, 4 dottorandi, 2 contrattisti

Stato dell'arte su controllo di protesi di mano

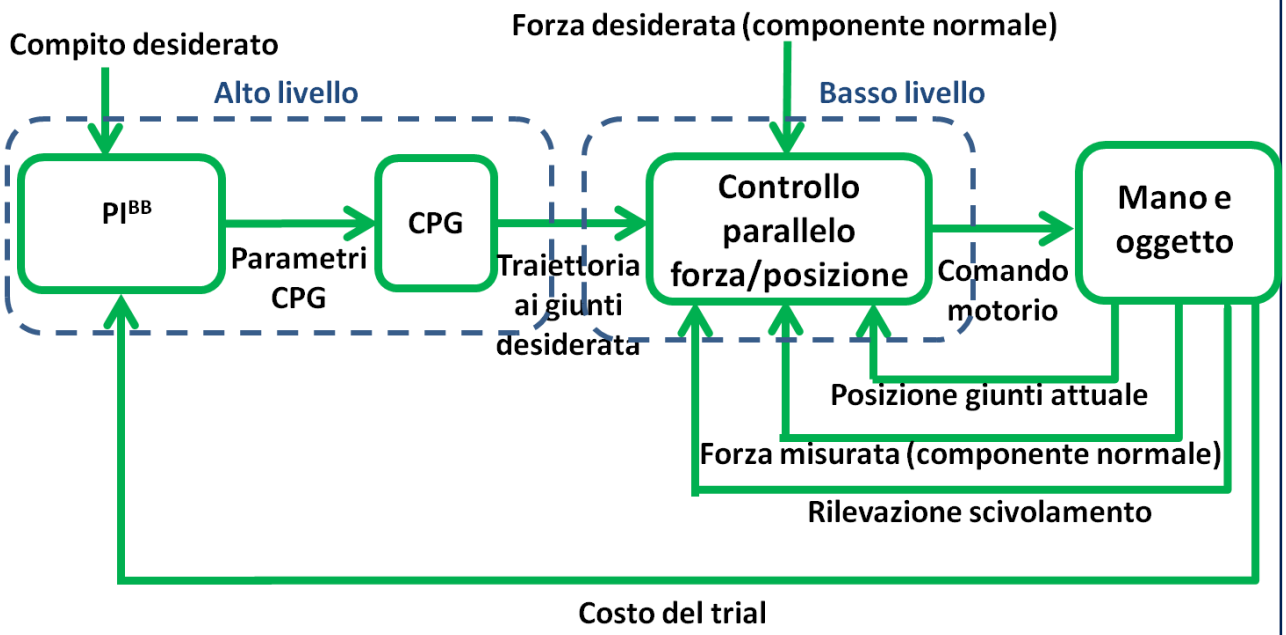
Ottobock,
TouchBionics, RSL Steeper



Obiettivi del progetto – sistema di controllo

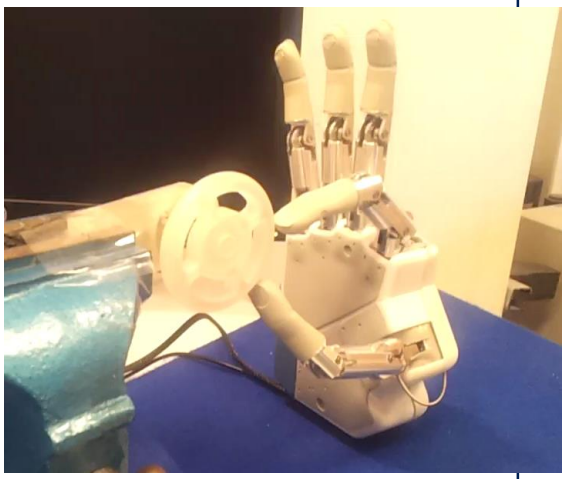
1. **Realizzare soluzioni di controllo in grado di abilitare compiti di presa complessi e compiti di manipolazione, attualmente non consentiti dalle soluzioni esistenti**
2. Rendere il funzionamento della **protesi indipendente dal tipo di interfaccia**, compensando con **l'intelligenza a bordo della protesi** i limiti del sistema di interfacciamento

Controllo della protesi *Alto livello*



Elementi chiave:

- Algoritmo di apprendimento Policy Improvement Black Box (PI^{BB});
- **Central Pattern Generator** per la generazione di traiettorie di giunto

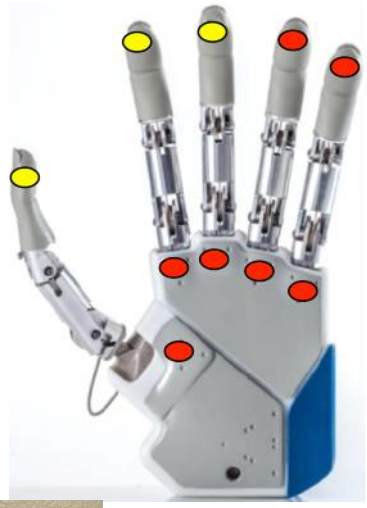


Obiettivi del progetto – sistema di sensorizzazione

3. Controllare la forza applicata dalla protesi sull'oggetto per aumentare la stabilità della presa ed evitare lo scivolamento

Controllo della Protesi - *Basso Livello*

Controllo parallelo forza/posizione per controllare la posizione delle dita e, contemporaneamente, la forza applicata durante il contatto con l'oggetto afferrato o manipolato



Sensorizzazione mano protesica:

- Ciascun polpastrello (5)
- Ciascun giunto metacarpale (4)
- Eminenza tenare (1)

Tipologie di sensori:

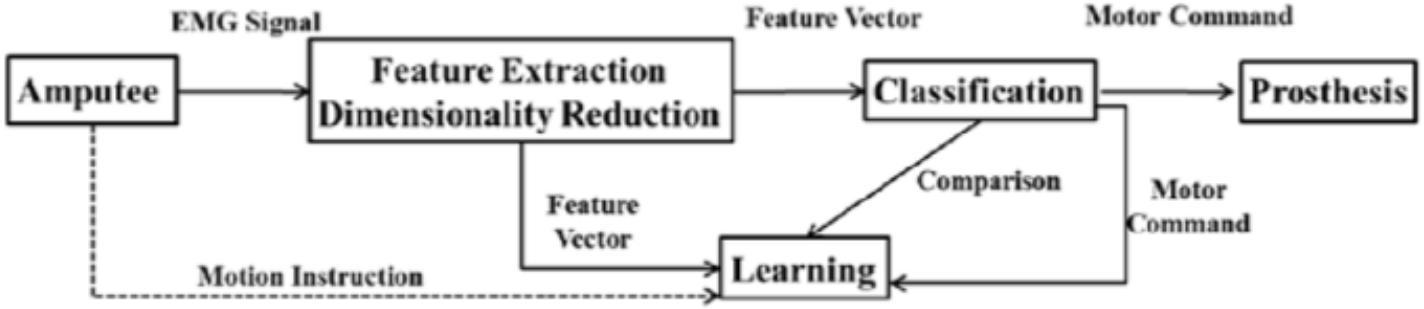
- Sensori FSR per la misura delle forza normali
- Sensori termici flessibili di scivolamento per la misura delle forza di scivolamento

A.L. Ciancio, R. Barone, L. Zollo, G. Carpino, A. Davalli, R. Sacchetti, E. Guglielmelli "A bio-inspired force control for cyclic manipulation of prosthetic hands", International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2015 (submitted)

Obiettivi del progetto – sistema di interfacciamento

4. Restituire la sensazione propriocettiva e tattile all'amputato al fine di consentire di:
   a) intervenire direttamente per migliorare il controllo della mano, anche tramite apprendimento
   b) aumentare il livello di integrazione nello schema corporeo **(embodiment) dell'arto artificiale**
   c) rendere il **controllo più naturale**

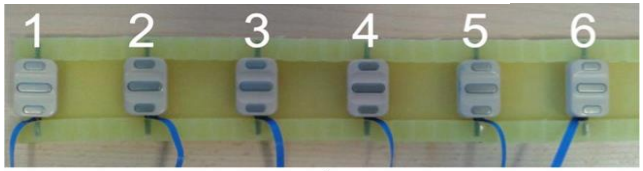
Sistema di interfacciamento verso Sistema Nervoso Periferico (canale efferente)



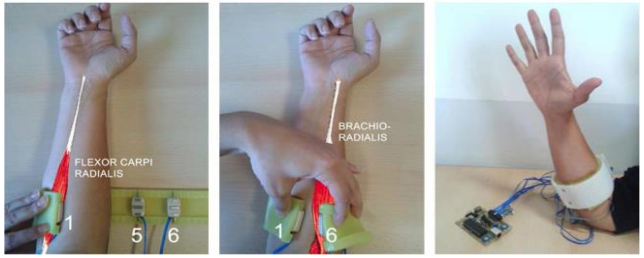
Features di ingresso al classificatore: ***segnale elettromiografico*** rilevato da 6 sensori EMG.

Tre differenti classificatori:
Logistic Regression , ***Multilayer Perceptron e Support Vector Machine***

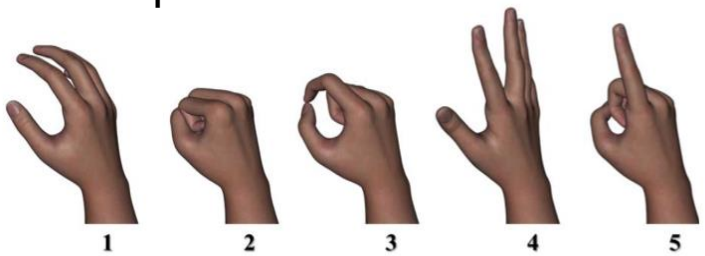
Analisi ***statistica*** su 20 pazienti amputati transradiali INAIL ***al fine di identificare il classificatore migliore*** per lo sviluppo della soluzione indossabile.



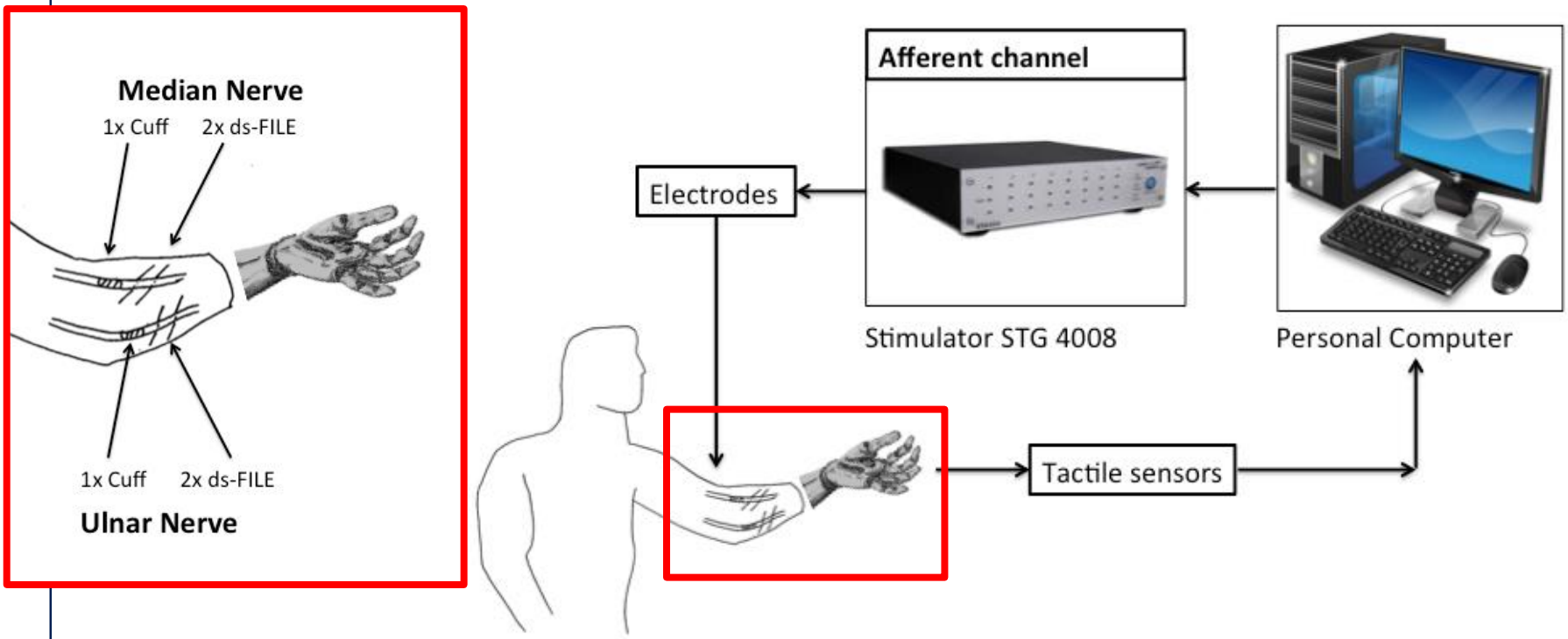
a)

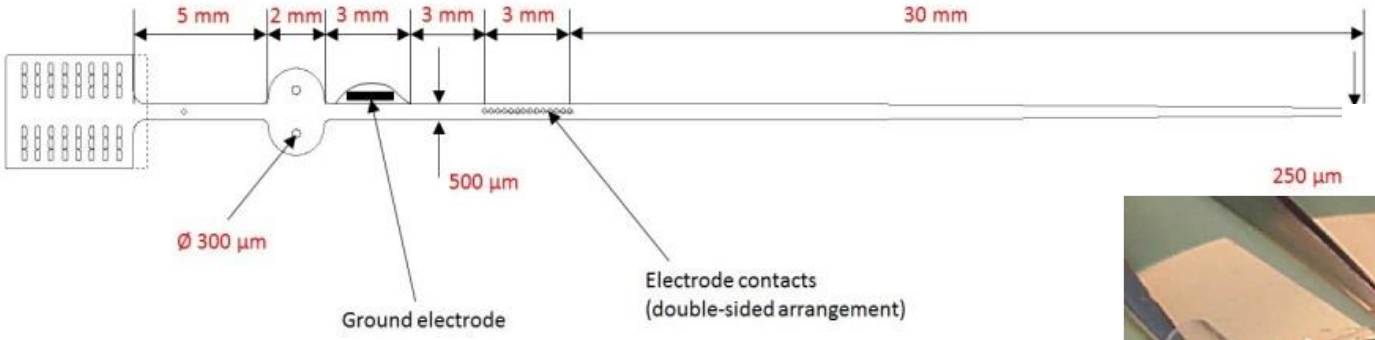


5 posture fondamentali



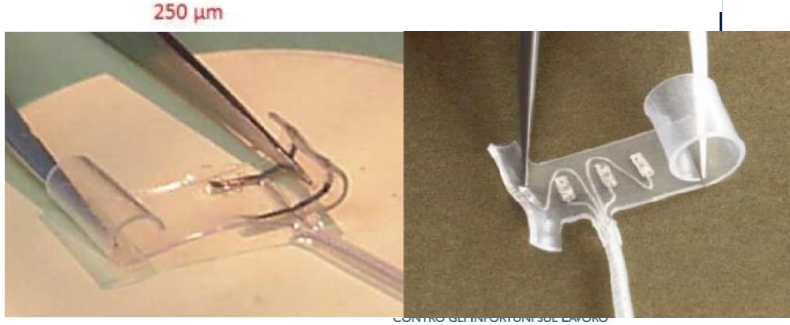
Sistema di interfacciamento verso SNP (canale afferente)





Elettrodi Intraneurali
(in collaborazione con Fraunhofer IBMT e Università di Friburgo, Germania)

Elettrodo Cuff



Obiettivi del progetto – validazione clinica

5. verificare le prestazioni e la biocompatibilità delle soluzioni con studi preclinici
6. effettuare una serie di impianti di mano protesica su pazienti amputati per un periodo maggiore di 30 giorni al fine di verificare le prestazioni del sistema sviluppato

Sperimentazione precliniche per verifica biocompatibilità e reazione da corpo estraneo (FBR)

Gruppi	Day 7	Day 90
Elettrodo di controllo	5	5
Elettrodo funzionalizzato con farmaco antifibrotico	5	5
Elettrodo coated	5	5

TEST ELETTROFISIOLOGICI

PER CORRELARE L'IMPEDENZA DELL'INTERFACCIA NEURALE CON LA FBR E LA SUA MODULAZIONE

⇩

PREDIZIONE DEL GRADO DI FBR IN UNA VALUTAZIONE CLINICA

ANALISI ATTRAVERSO:

- ISTOLOGIA

- ANALISI GENICA

- ANALISI PROTEICA

⇩

MODULAZIONE DELL'INFLAMMOSOMA PER TROVARE NUOVI PATHWAYS DI INTERESSE E NUOVI APPROCCI TERAPEUTICI

VALIDA STRATEGIA DI CONTROLLO E DIMINUZIONE DELLA FBR PER IMPIANTI CRONICI (DURATA MAGGIORE DI 30GG)

Sperimentazioni cliniche – (2016/2017)

I pazienti che parteciperanno alle sperimentazioni cliniche saranno selezionati dal team clinico UCBM e dal team INAIL attingendo al bacino di utenti del Centro Protesi INAIL

Le sperimentazioni cliniche saranno incentrate su due protocolli clinici:

1. messa a punto di una nuova metodica per la valutazione clinica neurologica, elettrofisiologica e fisiatrica di soggetti amputati al fine di procedere ad una caratterizzazione dei pazienti che tenga conto di ***abilità motorie, funzionalità mioelettriche e plasticità cerebrale*** per guidare la scelta della protesi più appropriata
2. impianto della protesi su soggetti amputati per il controllo bidirezionale con feedback di forza durante compiti di manipolazione fine

Autorizzazioni alle sperimentazioni previste entro il 2015

International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics

BioRob 2014

A grasp synthesis algorithm based on postural synergies for an anthropomorphic arm-hand robotic system

A. Provenzale*, F. Cordella*, L. Zollo*, A. Davalli^, R. Sacchetti^, E.Guglielmelli*

Research Unit of Biomedical Robotics and Biomicrosystems, University Campus Bio-Medico, Rome

^ Centro Protesi INAIL Vigorso di Budrio (Bologna)

San Paolo, Brasile

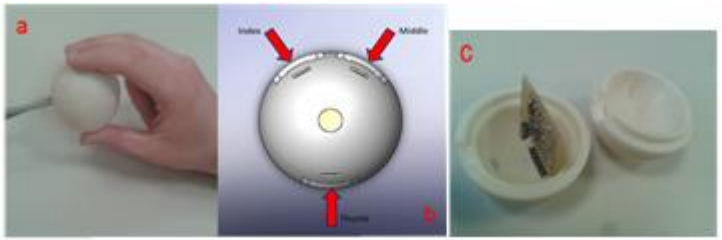
14 agosto 2014

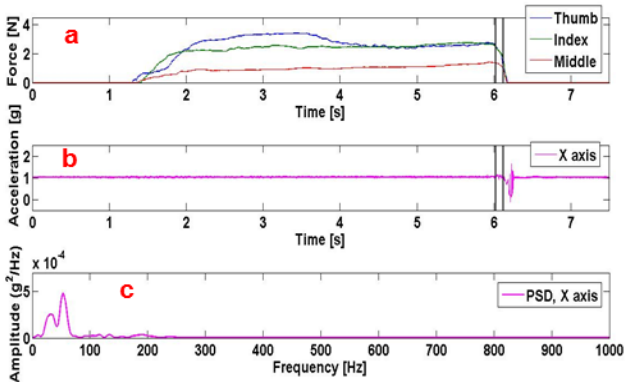
EMBC
37TH ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE
IEEE Engineering in Medicine and Biology Society
MiCo - Milano Conference Center - Milan, Italy, August 25-29 2015
2015 MILANO
IEEE EMB

Development and preliminary testing of an instrumented object for force analysis during grasping

R.A. Romeo, F. Cordella, L. Zollo, D. Formica, P. Saccomandi, E. Schena, G. Carpino, A. Davalli, R. Sacchetti, E. Guglielmelli

Realizzazione e validazione (tramite esperimenti su uomo e su robot) di un oggetto sensorizzato per l'analisi della forza e dello scivolamento durante l'operazione di presa. Nell'oggetto sono stati integrati sensori FSR ed un accelerometro.

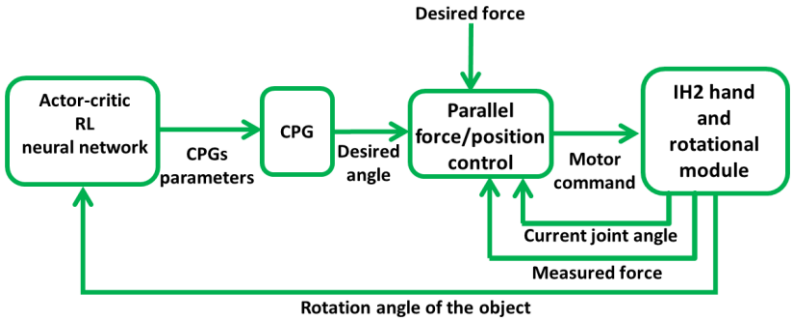


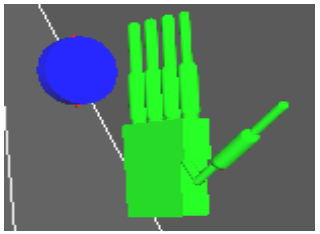


A bio-inspired force control for cyclic manipulation of prosthetic hands

A.L. Ciancio, R. Barone, L. Zollo, G. Carpino, A. Davalli, R. Sacchetti, E. Guglielmelli

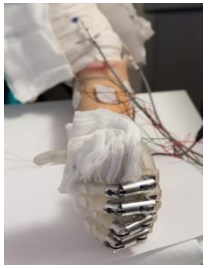
Implementazione e validazione su una mano biomeccatronica commerciale di un'architettura di apprendimento bio-ispirato basata su un controllo parallelo forza/posizione per mani protesiche in grado di apprendere compiti di manipolazione ciclica.

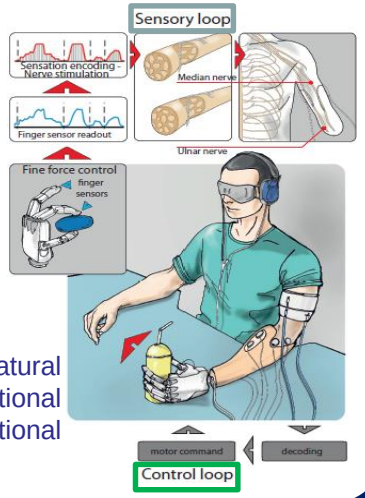




Controllo con Interfacce neurali invasive – stato dell'arte

LifeHand 2





S. Raspopovic et al., "Restoring natural sensory feedback in real-time bidirectional hand prostheses." Science translational medicine 6.222 (2014).

Braccio DEKA

DEKA Integrated Solutions in Manchester, N.H Prosthetics programs funded by the Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA).

FDA NEWS RELEASE

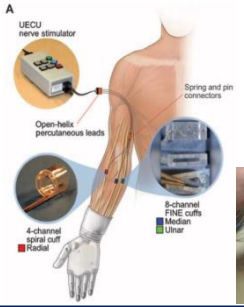
For Immediate Release: May 9, 2014
Media Inquiries: Susan Laine, 301-796-5349, susan.laine@fda
Consumer Inquiries: 888-INFO-FDA

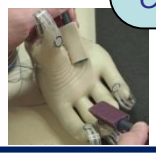
FDA allows marketing of first prosthetic arm that translates signals from person's muscles to perform complex tasks

The U.S. Food and Drug Administration (FDA) today allowed marketing of the DEKA Arm System, the first prosthetic arm that can perform multiple, simultaneous powered movements controlled by electrical signals from electromyogram (EMG) electrodes.

Interfaccia neurale per il ripristino a lungo-termine della percezione tattile naturale

- Percezione tattile: tocco naturale, pressione costante, vibrazione e sfioramento
- Controllo della dimensione dell'area percepita e dell'intensità della sensazione.



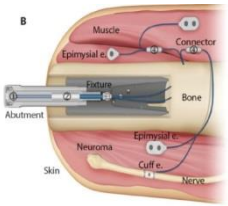


Louis Stokes Veterans Affairs Medical Center, Cleveland, USA
Case Western Reserve University, Cleveland, USA.
MetroHealth Medical Center, Cleveland, USA.
University Hospitals Rainbow Babies & Children's Hospital, Cleveland, USA.

Tan D. W. Et al., "A neural interface provides long-term stable natural touch perception ", Science Translational Medicine, October 2014

Osteointegrazione e controllo a lungo termine di un arto artificiale con feedback sensoriale

Gli elettrodi impiantati forniscono controllo più preciso ed affidabile degli elettrodi superficiali



Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden.
University of Gothenburg, Mölndal, Sweden.

Ortiz-Catalan M. et al. "An osseointegrated human-machine gateway for long-term sensory feedback and motor control of artificial limbs", Science Translational Medicine, October 2014

Protesi di arto superiore – stato dell'arte

DARPA (US)

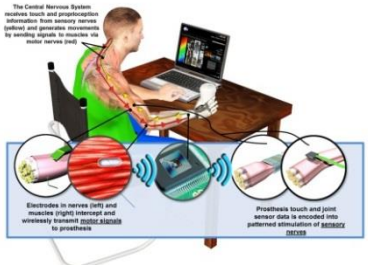
Revolutionizing Prosthetics program 2009 (30.4 M$):

Finanziamento di due team del Applied Physics Laboratory (APL) of Johns Hopkins University per: sviluppare un sistema di controllo di un braccio; determinare la fattibilità del controllo cerebrale diretto.

Reliable Peripheral Interfaces - RPI Reliable Neural-Interface Technology RE-NET (2010-2016)

Dimostrare che tramite le interfacce con il PNS è possibile controllare in maniera intuitiva una protesi di arto superiore.

Hand Proprioception and Touch Interfaces - HAPTIX(40 M$)

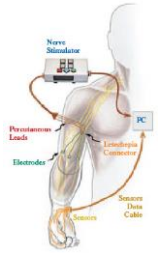


Integrare nella protesi interfacce per controllo intuitivo e per restituzione del feedback sensoriale

Case Western Reserve University, Cleveland Clinic, Draper Laboratory, Nerves Incorporated, Ripple LLC, University of Pittsburgh, University of Utah, University of Florida

Dept. of Veteran Affairs (US)

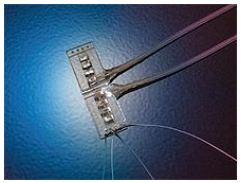
Natural Sensation for Amputees



Creazione di un sistema per fornire feedback sensoriale attraverso interfacce neurali

PI: Dustin Tyler, Ph.D.

New Technologies for Communicating with Peripheral Nerves



Sviluppo e test di elettrodi cuff per migliorare selettività.

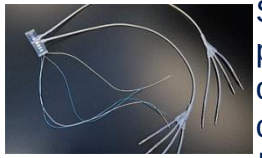
PI: Dustin Tyler, Ph.D.

Bio-inspired Materials for New Prosthetic Liners

Migliorare l'interfaccia tra la protesi ed il moncone sviluppando un nuovo materiale per l'invaso.

PI: Jeffrey Capadona, Ph.D.

Model-driven Design of Optimal Electrodes and Stimulation



Studi in simulazione per la progettazione ottimale degli elettrodi cuff

PI:Schiefer M., Ph.D.

INAIL (Italy)

Progetti PPR: Progetto Protesi

PPR1: *Sviluppo di un sistema protesico avanzato di arto superiore (**IIT**)*

PPR2: *Controllo della Protesi di Arto Superiore con Interfacce Neurali Invasive (**Università Campus Bio-Medico**)*

PPR3: *Sviluppo di un sistema protesico nelle amputazioni digitali della mano (**Scuola Superiore Sant'Anna**)*

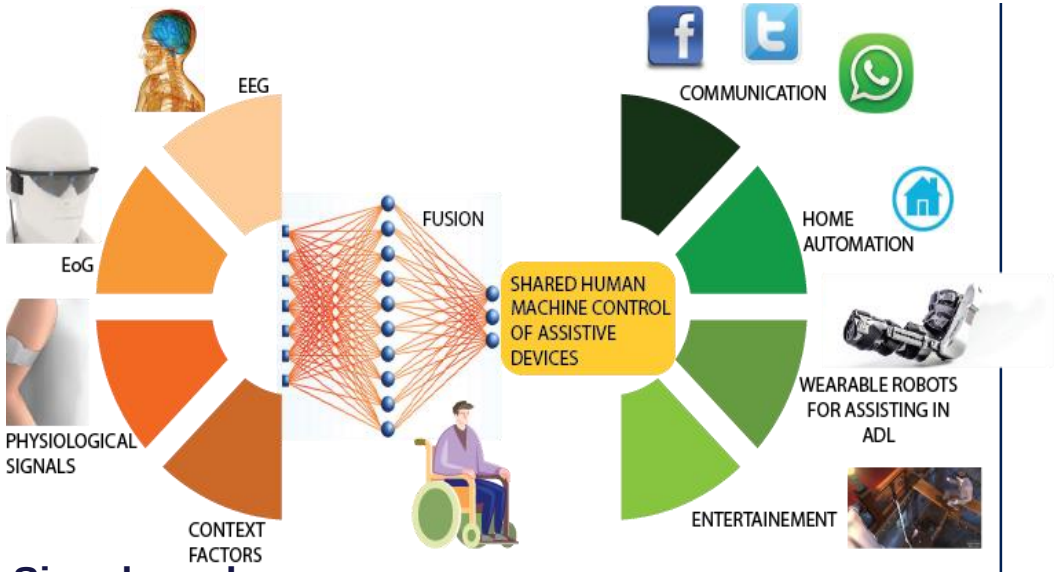
PPR4: *Linee di indirizzo sul trattamento chirurgico, protesico e riabilitativo delle patologie post-traumatiche della mano (**Unità Operative chirurgia mano nella rete SICM**)*

Project H2020\AIDE

Adaptive Multimodal Interfaces to Assist Disabled People in Daily Activities

Main objectives

- Developing a revolutionary **modular and adaptive multimodal interface customizable to disabled people needs.**
- Developing a **totally new shared-control paradigm** for assistive devices that integrates: i) information on user residual abilities, behaviors, emotional state and intentions, ii) the analysis of environment and context factors.



Signals and Context Factors | **Classification and Fusion** | **Assistive Devices Control**

Consortium

1 Universidad Miguel Hernández (Spain), **2** Scuola Superiore Santa'Anna (Italy) **3** Università Campus Bio-medico di Roma (Italy), **4** Universidad Politécnica de Valencia (Spain), **5** University of Tübingen (Deutschland), **6** Cedar Foundation (United Kindom), **7** Zed Worldwide S.A. (Spain), **8** Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. (Deutschland), **9** B&J Adaptaciones (Spain)

With the participation of Centro Protesi INAIL

Total Budget: 3.287.000 €

HORIZON 2020 - Call: H2020-ICT-2014-1
Topic: ICT-22-2014 Multimodal and Natural computer interaction

Start: February 2015
End: January 2018

Laboratorio congiunto UCBM / INAIL

Attivo dall'8/10/2014 (responsabile ing. Alberto Dellacasa Bellingegni) prevede la condivisione delle attrezzature scientifiche e dei presidi protesici disponibili presso il Centro Protesi INAIL.

Tesi magistrali attivate:

1. Federica Ridolfi, Titolo tesi: "**Valutazione dell'outcome e costo del trattamento protesico con soluzioni mioelettriche di amputati transradiali. Studio di fattibilità**", Data discussione: 24/02/2015, Relatore: Prof. Guglielmelli, Correlatori: Ing. Cutti, Ing. Davalli, Tirocinio formativo di 3 mesi (9/12/2014 – 8/3/2015) presso la sede INAIL di Budrio sotto la supervisione dell'ing. Cutti e dell'ing. Davalli
2. Clemente Lauretti, Argomento: **Controllo di una protesi di arto superiore mediante accelerometro ed EMG**, Relatore: Prof.ssa Zollo, Correlatori: Ing. Davalli, Tirocinio formativo di 6 mesi (Inizio: Aprile 2015) presso la sede INAIL di Budrio
3. Giorgio Colazzo, Argomento: **Estrazione dell'intenzione motoria del soggetto dal segnale EMG**, Relatore: Prof.ssa Zollo, Correlatori: Ing. Davalli, Ing. Gruppioni, Tirocinio formativo di 6 mesi (Inizio: Aprile 2015) presso la sede INAIL di Budrio

La Piramide degli Ausili Tecnologici

(Il caso delle protesi di mano)

Protesi bioniche

Protesi a controllo mioelettrico

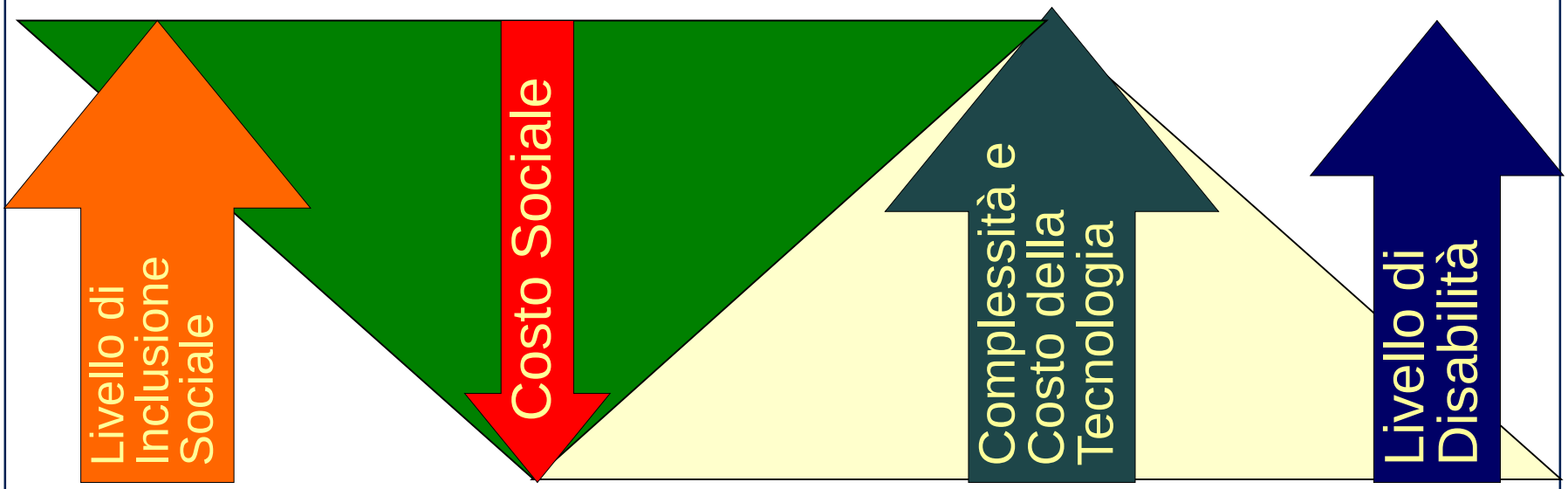
Protesi meccaniche, azionate dal corpo

Protesi cosmetiche

Percentuale della popolazione target interessata

La Piramide degli Ausili Tecnologici

(Il caso delle protesi di mano)



La sostenibilità deve essere valutata a livello sociale, non solo sanitario!

Robocop (2014)