

XXIII Ciclo di Dottorato di Ricerca in Meccanica Applicata  
*Relazione Secondo Anno*

# Studio e Realizzazione di Sistemi Meccatronici per la Riabilitazione

Curriculum: Biomeccanica

Dottorando: Maurizio Mor

Coordinatore: Prof. Giovanni Legnani

Tutore: Prof. Rodolfo Faglia

---

Università degli Studi di Brescia

Facoltà di Ingegneria

Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale



## Struttura della presentazione

Metodo della ricerca e collaboratori

Attività primaria di ricerca

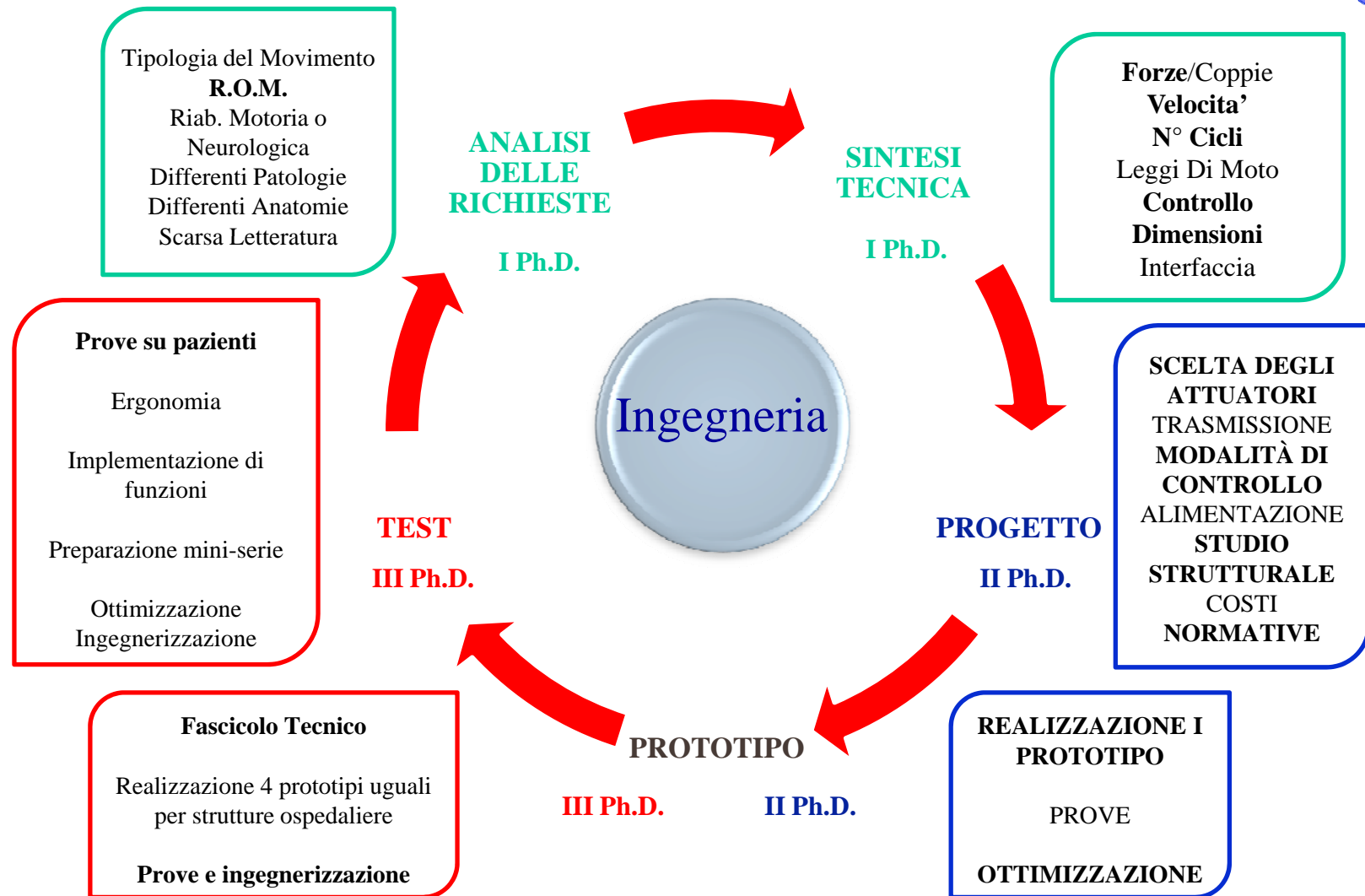
Attività collaterali di ricerca

Pubblicazioni

Sviluppi futuri



## Metodo della Ricerca e Collaboratori: II anno Ph.D.



## Struttura della presentazione

Metodo della ricerca e collaboratori

Attività primaria di ricerca

Attività collaterali di ricerca

Pubblicazioni

Sviluppi futuri



## Attività primaria di ricerca

I Ph.D.



### Caratteristiche

*Range di movimento (ROM):*

MIP: 0° - 90°

PIP: 0° - 110°

DIP: 0° - 70°

Il ROM possibilmente regolabile dall'operatore attraverso una pulsantiera.

*Tipo di movimento :*

- ✓ chiusura e apertura delle quattro dita lunghe (simultaneamente)
- ✓ chiusura e apertura del pollice  
chiusura e apertura della mano.
- ✓ Programmare il tipo di movimento desiderato.

*Velocità del movimento*

La durata di un ciclo 20 secondi.  
Possibilità di variare la velocità con 3 – 4 impostazioni.

*Blocco per il dolore*

Possibilità per il paziente di interrompere l'esercizio in qualsiasi momento.

*Conformazione del dispositivo:*

Sottoguento: igiene e calzabilità.  
Guanto, ma lasciare il palmo libero.  
Compressore silenzioso.  
Pulsantiera di controllo.

Riabilitazione della mano



## Analisi cinematica

### Caratteristiche

Range di movimento (ROM):

MIP:  $0^\circ - 90^\circ$

PIP:  $0^\circ - 110^\circ$

DIP:  $0^\circ - 70^\circ$

Il ROM possibilmente regolabile dall'operatore attraverso una pulsantiera.



1. **Soluzione con leva sulla falange distale**
2. **Soluzione con sistema articolato sulla seconda e terza falange**
3. **Soluzione con sistema articolato sulla prima e seconda falange**



Ing. D. Fausti



HABILITA

Simolazioni con **Working Model**



# Velocità e forze

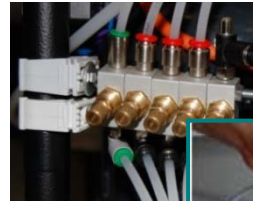
## Velocità del movimento

La durata di un ciclo 20 secondi.  
Possibilità di variare la velocità con 3 – 4 impostazioni.



- ✓ La durata del ciclo **MINIMA** è di **20 secondi** garantita dal sistema ibrido olio-aria.

- ✓ La **velocità** è regolata in continua con i regolatori di flusso.



- ✓ La regolazione della **forza** è data dal differenziale delle 2 pressioni (olio-aria) ed è limitato.

- ✓ La durata del ciclo **MASSIMA** è impostata a **10 secondi**.



10 N!

I Ph.D.



III Ph.D.

- ✓ Sviluppo di manopole a step per evidenziare 3 - 4 posizioni principali in velocità.

## Blocco per il dolore

Possibilità per il paziente di interrompere l'esercizio in qualsiasi momento.



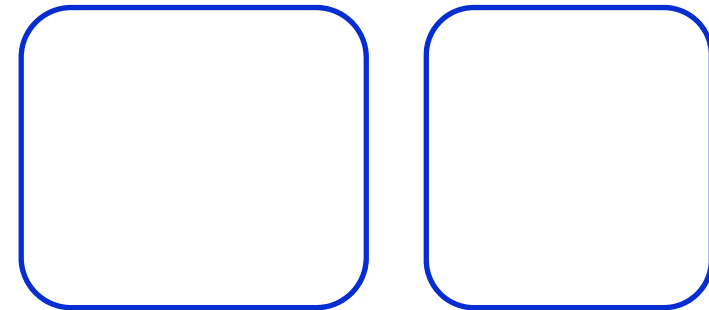
Il pulsante d'arresto azzerava tutte le forze del dispositivo agendo sulle EV.



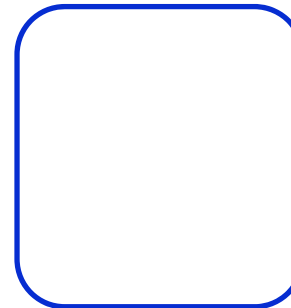
# Ergonomia ed igiene

Conformazione del dispositivo:

Sottoguento: igiene e calzabilità.  
Guanto, ma lasciare il palmo libero.



Ing. D. Fausti



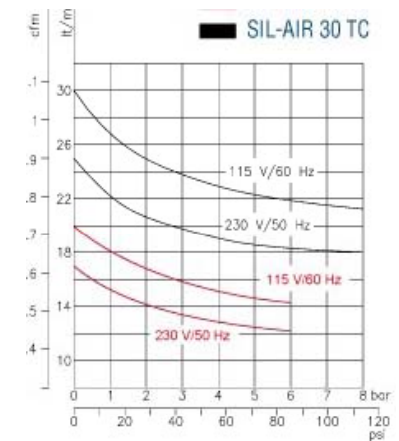
Conformazione del dispositivo:

Compressore silenziato.  
Pulsantiera di controllo.



**In fase di studio:**  
varianti wireless,  
palmare, cellulare  
oppure 4 tasti

- ✓ Portata max: **17 l/min**
- ✓ Pressione max: **6 bar**
- ✓ Rumorosità: **30 dB**





# Software utente

*Tipo di movimento :*

- ✓ chiusura e apertura delle quattro dita lunghe (simultaneamente)
- ✓ chiusura e apertura del pollice
- ✓ chiusura e apertura della mano.
- ✓ Programmare il tipo di movimento desiderato.



**1. TIPO DI ESERCIZIO**



- ✓ 100 %
- ✓ 1/3
- ✓ 2/3

**2. MOVIMENTO DITO**



- ✓ Sequenziale
- ✓ Sincrono
- ✓ Casuale
- ✓ Custom

**3. DURATA**



- ✓ Tempo [s]
- ✓ N° Cicli

**4. TEMPI**

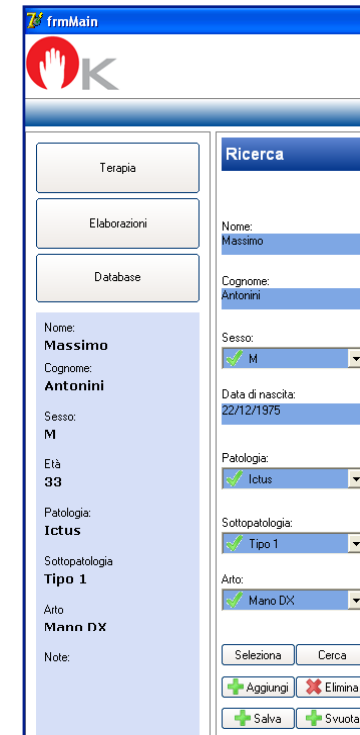


- ✓ T. azione
- ✓ T. pausa/moto
- ✓ T. pausa dito a dito

**5. VOTO**



- ✓ Singolo esercizio
- ✓ Scale predefinite
- ✓ Statistiche



Ing. M. Antonini  
Ing. A. Vertuan



# Software utente II



# Analisi dei Rischi

## UNI EN ISO 14971:2008

*Applicazione della gestione dei rischi ai Dispositivi Medici*

### ✓ Classificazione

#### CLASSE II a

“ Dispositivo attivo terapeutico non invasivo destinato ad un uso a breve termine ”

### ✓ Descrizione

### ✓ Problematiche associate all'uso

### ✓ Identificazione dei PERICOLI conosciuti e prevedibili

### ✓ Stima del RISCHIO per ciascun PERICOLO

### ✓ Contromisure per la riduzione del rischio.

### ✓ Accettabilità:

Zona di Rischio Accettabile  
Zona ALARP  
Zona di Rischio Inaccettabile

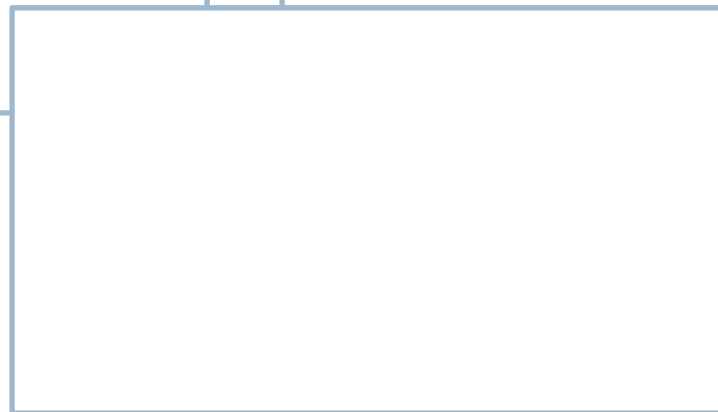
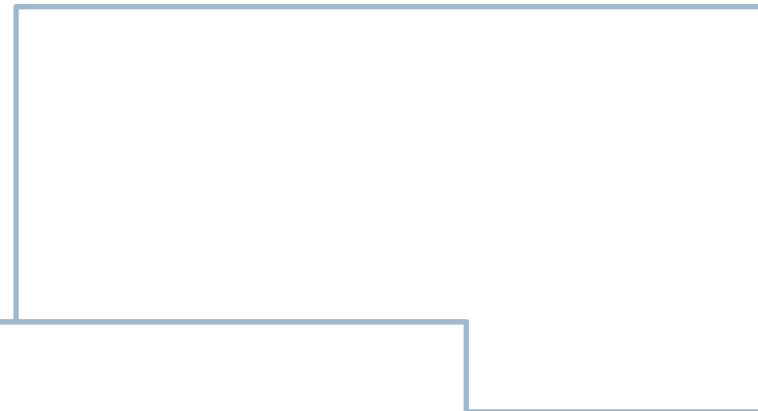
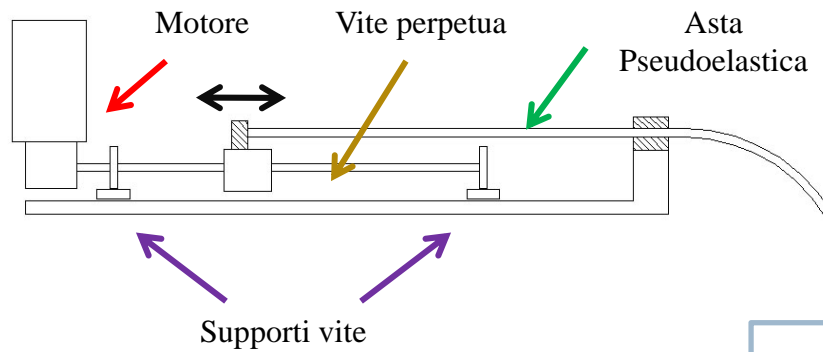
$$R = P \times D$$

1. Relativi all'energia.
2. **Biologici.**
3. Ambientali.
4. Riguardanti l'erogazione incorretta di energia e sostanze.
5. **Relativi all'uso improprio del dispositivo.**
6. **Interfaccia utente inappropriata, inadeguata od oltremodo complicata.**
7. Dovuti a **guasti funzionali, manutenzione** ed invecchiamento.
8. ...

1. **Condizioni in cui si manifesta:**  
uso normale; primo guasto;  
guasto multiplo.
2. **Classificazione serietà del DANNO:**  
da trascurabile a catastrofica.
3. **Classificazione della PROBABILITA' del rischio:**  
da frequente a incredibile.



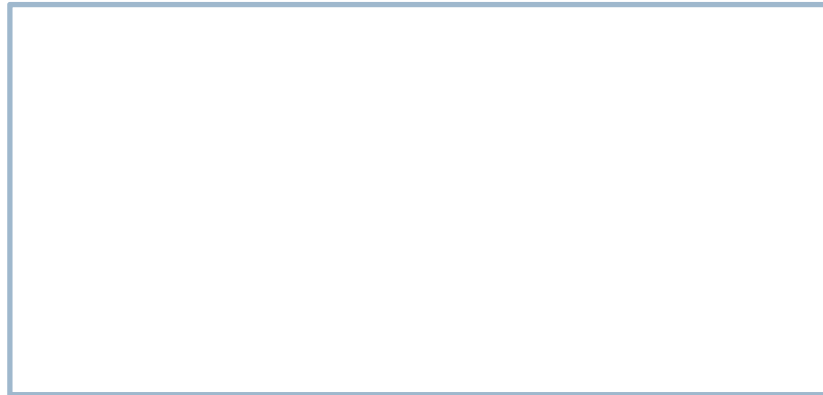
# Attuazione elettrica



Ing. A. Menegolo  
Ing. A. Vertuan



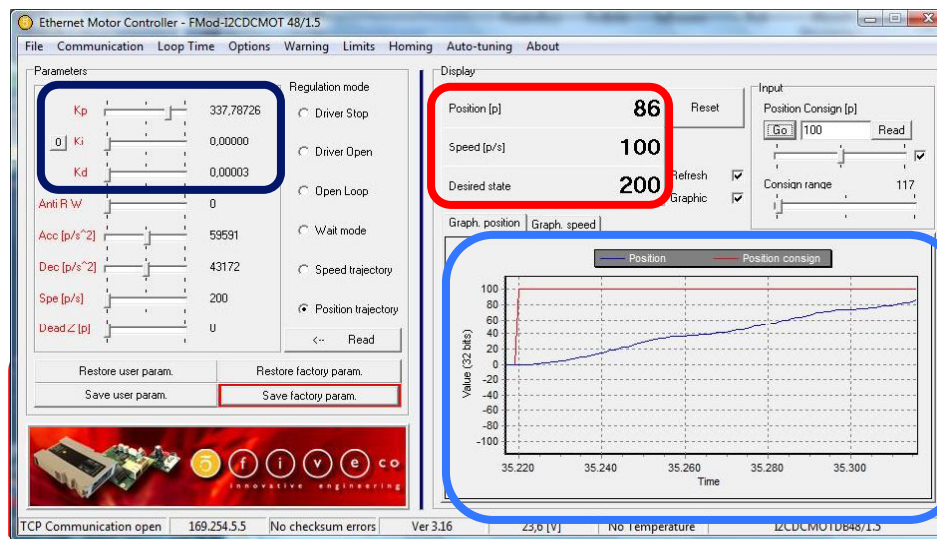
# Attuazione elettrica II



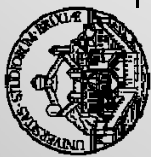
Controllore FMod-I2CDCMOT



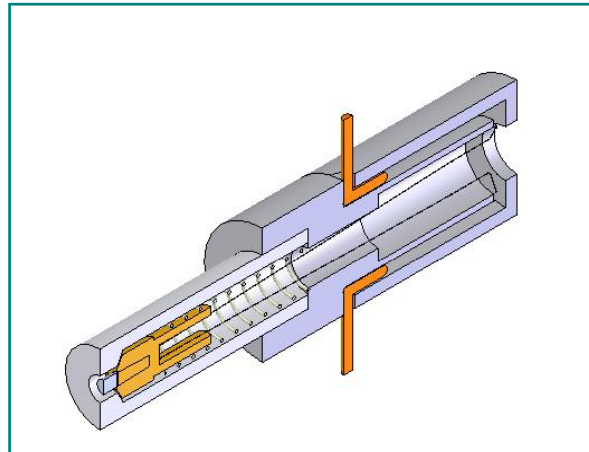
Encoder Maxon tacho MR, tipo S, 16 impulsi, 2 canali, 8 kHz



Motore Maxon RE 10, Ø 10 mm, 1.5 W

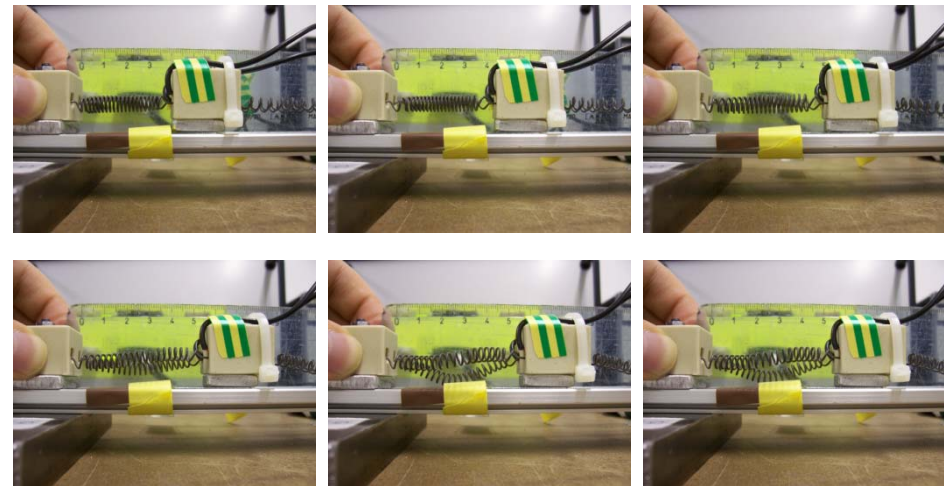


# Materiali a memoria di forma

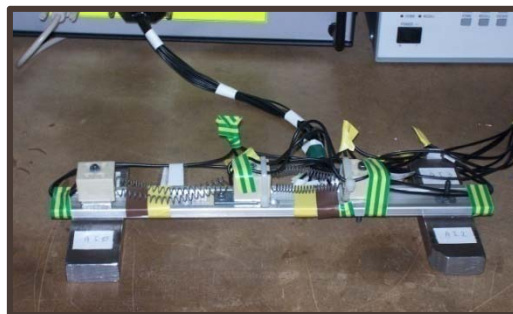


## Problema:

- ripetibilità del movimento
- durata
- azionamento elettrico per n cicli



Fase:  
**implementazione dei SMA in  
sistemi per la riabilitazione**



Ing. A. Borboni

## Osservazioni:

- Potenza dissipata.
- Frequenze basse.
- Necessità di raffreddamento.



## Struttura della presentazione

Metodo della ricerca e collaboratori

Attività primaria di ricerca

Attività collaterali di ricerca

Pubblicazioni

Sviluppi futuri



## Collaborazioni, Progetti, Convegni e Corsi

- ✓ **Collaborazione didattica** nell'ambito del settore disciplinare di **Meccanica Applicata alle Macchine** (esercitazioni frontali, supporto alla stesura e alla correzione di elaborati).
- ✓ Correlazione alla Tesi “*Microattuatori in dispositivi medicali.*”, D. Ravera Tesi di Laurea di Primo Livello del Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica N.O. (maggio 2009).
- ✓ Correlazione alla Tesi “*Studio e realizzazione di un banco prova di servo attuatori elettrici per sistemi riabilitativi.*”, A. Sierchio, A. Dassa, Tesi di Laurea Specialistica del Corso di Laurea in Ingegneria dell'Automazione N.O. (novembre 2009).
- ✓ Partecipazione al **Progetto Biorobot** in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale, Università degli Studi di Brescia, Facoltà di Ingegneria.
- ✓ Partecipazione al corso “**Norma UNI EN ISO 14971:2008** – Gestione dei rischi nei Dispositivi Medici”, Brescia 14 maggio 2009, tenuto da M. Bianchi di TÜVRheinland®.
- ✓ Partecipazione all’ “**AIMETA 2009** – XIX Congresso di Meccanica Teorica ed Applicata”, Ancona 14 - 17 Settembre 2009.





## Struttura della presentazione

Metodo della ricerca e collaboratori

Attività primaria di ricerca

Attività collaterali di ricerca

Pubblicazioni

Sviluppi futuri



## Publicazioni

- ✓ M. Mor, D. Fausti, R. Adamini, R. Faglia, P. Poesio, “**Banco prova per valvole cardiache: descrizione e risultati preliminari**”, AIMETA 2009 - XIX Congresso di Meccanica Teorica ed Applicata, Ancona 14 - 17 Settembre 2009.
  
- ✓ A. Borboni, D. Fausti, R. Faglia, N. Pedrocchi, M. Mor, “**Progetto, realizzazione e prove preliminari di un sistema automatico per la riabilitazione del gomito**”, AIMETA 2009 - XIX Congresso di Meccanica Teorica ed Applicata, Ancona 14 - 17 Settembre 2009.



## Struttura della presentazione

Metodo della ricerca e collaboratori

Attività primaria di ricerca

Attività collaterali di ricerca

Pubblicazioni

Sviluppi futuri



## Sviluppi futuri

### Riabilitazione della mano

- ✓ **Ottimizzazione della componentistica del prototipo.**
- ✓ Sviluppo delle **taglie** (Spidi Sport).
- ✓ Sostituzione del PLC con **scheda integrata**.
- ✓ Stesura del **Fascicolo Tecnico**.
- ✓ Sviluppo **software**.
  
- ✓ Studio di **design** del mobile, delle **interfacce** e dei ditali.
  
- ✓ Prove di sicurezza (ente certificatore) e di durata.
  
- ✓ **Test sui pazienti**.
- ✓ Ingegnerizzazione del prototipo.
  
- ✓ (Produzione: pre-serie ).



XXIII Ciclo di Dottorato di Ricerca in Meccanica Applicata

*Relazione Secondo Anno*

# Studio e Realizzazione di Sistemi Meccatronici per la Riabilitazione

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE .**

Dottorando: Maurizio Mor

Coordinatore: Prof. Giovanni Legnani

Tutore: Prof. Rodolfo Faglia

---

Università degli Studi di Brescia

Facoltà di Ingegneria

Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale

