

XXIV Ciclo di Dottorato  
in Meccanica Applicata  
curriculum Biomeccanica

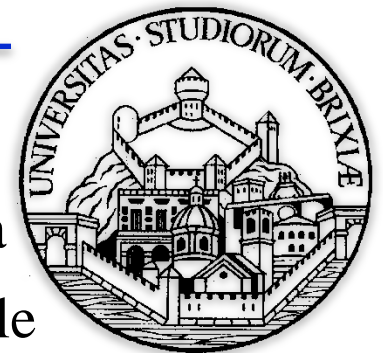
# SISTEMI E MODELLI PER LA BIOMECCANICA DEL CORPO UMANO

Dottorando:  
Marco Ometto

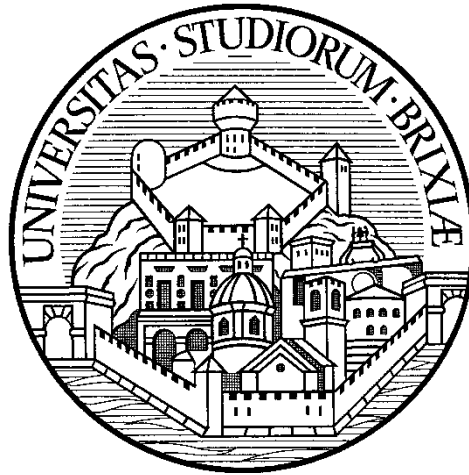
Tutor:  
Giovanni Legnani

---

Università degli Studi di Brescia  
Facoltà di Ingegneria  
Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale



# Ambito di lavoro



---

## In poche parole

---

Sistemi

Cicloergometro per handbike

Modelli

Analisi del movimento

Corsi, Convegni, Pubblicazioni



---

## In poche parole

---

Sistemi

Cicloergometro per handbike

Modelli

Analisi del movimento

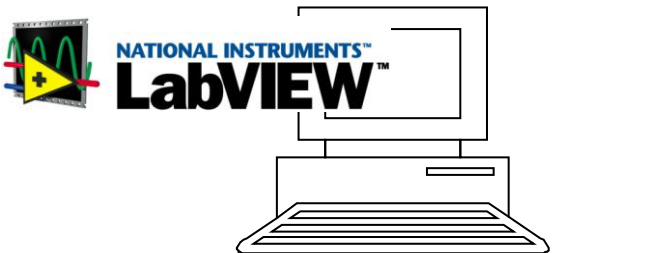
Corsi, Convegni, Pubblicazioni



# CICLOERGOMETRO PER HANDBIKE



# CICLOERGOMETRO PER HANDBIKE: FIRMWARE

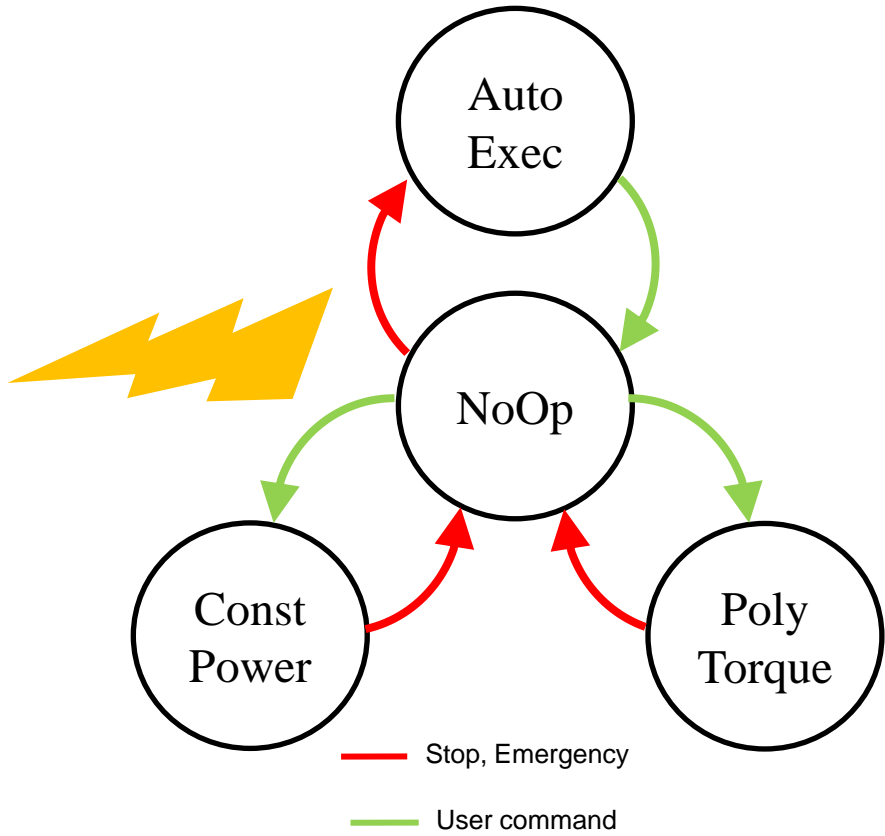


CAN bus

**CONVERTITORE**



**Motore  
Brushless**



# CICLOERGOMETRO PER HANDBIKE: FIRMWARE

```
##AUTOEXEC
function [float out1] = powerF (float base, int expn);
    Rev, GreekPi, SpeedKnst, timekept;
    v=8192, GreekPi=3.141592654, SpeedKnst=2*GreekPi/CountXRev;
    if (UI[12] != 2)
        UI[12]=2;
    end, UI[24]=1000;
    if (IB[0])
        if (VX*SpeedKnst < -UF[10]*GreekPi)
            TC=UF[7] * (-0.10586+VX*1.93886230e-6) - ...
            (UF[16] / (VX*SpeedKnst)) / TorqKnst;
        elseif ( (VX*SpeedKnst >= -UF[10]*GreekPi) && (VX < 0) )
            TC=UF[7] * (-0.10586+VX*1.93886230e-6) - ...
            ( (UF[16] / (UF[10]*GreekPi)) / (UF[10]*GreekPi) ) * (VX*SpeedKnst) / TorqKnst;
        else
            TC=0;
        end
    elseif (IB[0]==0)
        TC=0;
    end
    if (UI[22] && (tock(timekept) >= UI[24]))
        UF[21]=VX, UF[22]=IQ, emit(4);
        timekept=tick(1000);
    end
    if (UI[5]==2 || IB[0]==0)
        TC=0, MO=0;
        UI[5]=0;
        goto##NOOP;
    end
    goto##CONST_PWR;
end
if (UI[5]==2 || IB[0]==0)
```

Coppia lineare

Coppia Iperbolica

Pulsanti Emergenza

Trasmissione dati



##CONST\_PWR;

if (IB[0])

if (VX\*SpeedKnst < -UF[10]\*GreekPi)  
TC=UF[7] \* (-0.10586+VX\*1.93886230e-6) - ...  
(UF[16] / (VX\*SpeedKnst)) / TorqKnst;

elseif ( (VX\*SpeedKnst >= -UF[10]\*GreekPi) && (VX < 0) )  
TC=UF[7] \* (-0.10586+VX\*1.93886230e-6) - ...  
( (UF[16] / (UF[10]\*GreekPi)) / (UF[10]\*GreekPi) ) \* (VX\*SpeedKnst) / TorqKnst;

elseif (IB[0]==0)

if (UI[22] && (tock(timekept) >= UI[24]))  
UF[21]=VX, UF[22]=IQ, emit(4);  
timekept=tick(1000);  
end

if (UI[5]==2 || IB[0]==0)  
TC=0, MO=0;  
UI[5]=0;  
goto##NOOP;  
end

goto##CONST\_PWR;



# CICLOERGOMETRO PER HANDBIKE: SOFTWARE

**Select Task**

- ✓ Manual Communication
- Automatic Setting & Restart
- Execute Program
- Activate Constant Power
- Constant Power Control
- Increasing Load
- Activate Torque Profiler
- Polynomial Coefficient
- Power Increment
- Function degree
- Start-Stop Transmission
- Transmission Settings
- Chain transmission ratio
- Offset Torque
- Exit Braking Control
- Abort Program Execution
- Stop Node

CAN controller is started  
 Channel is active

status code  
 0

source

Timestamp Arbitration ID DLC Type  
 00000000 00000000 0 data

AFC extended frame  
 reject remote request  
 self reception  
 Data receive buffer full

[0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]  
 00 00 00 00 00 00 00 00

Power Profile  
 Power vs RPM @ handles

Torque Profile  
 Torque vs RPM @ handles

Transmit STOP

Page 1 Page 2 Page 3 Page 4 Page 5 Page 6 Page 7 Page 8 Page 9 Page 10  
 Page 11 Page 12 Page 13 Page 14 Page 15 Page 16 Page 17

linked to case 16

Step Height [W] Step Length [s] Step Number  
 20 10 4  
 20 0 4  
 Present Power[W] Elapsed Time Step #

STOP

Cranking Speed  
 0

Power  
 0

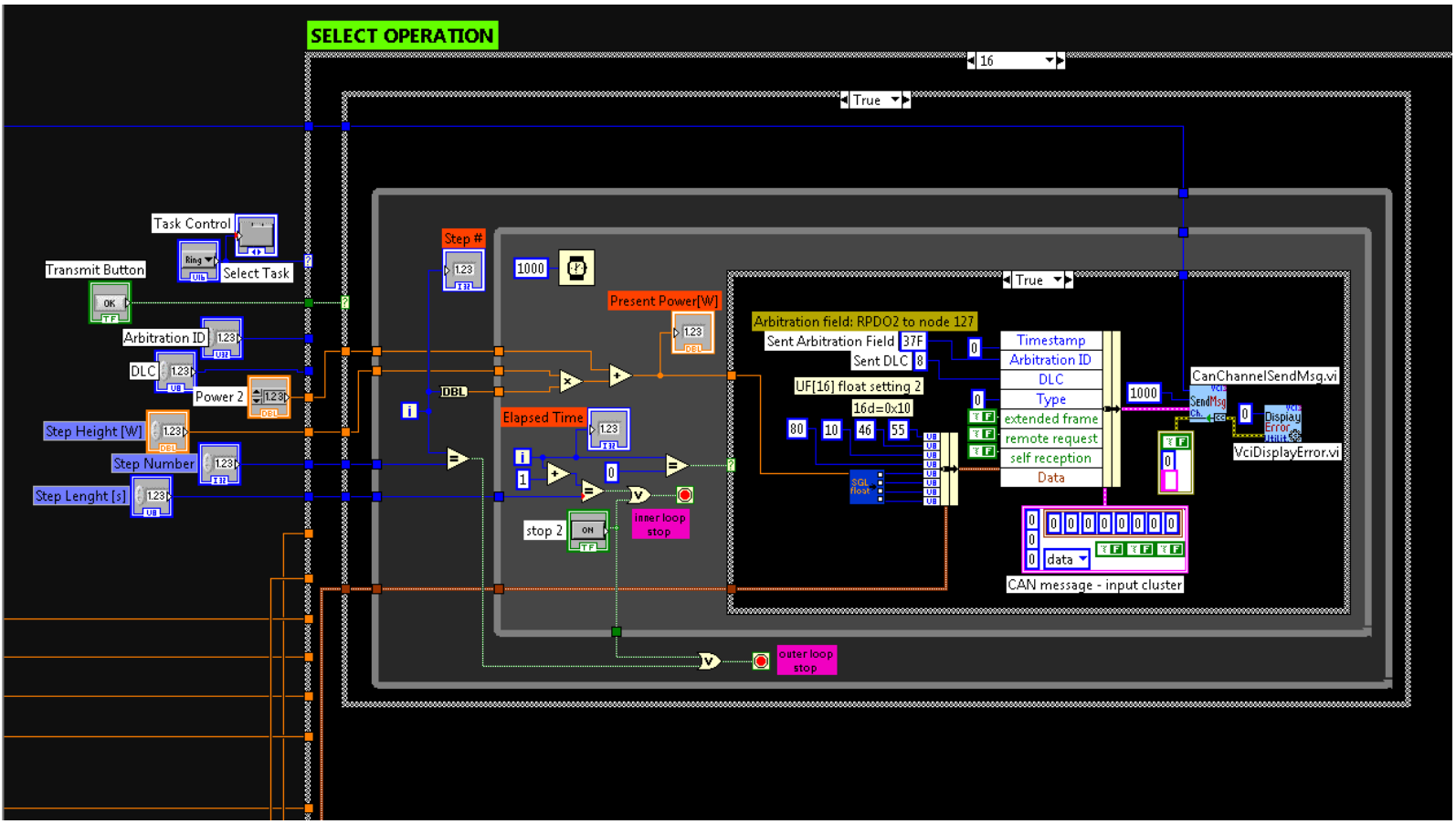
Transmission Ratio 2  
 8

Università degli Studi di Brescia  
 Facoltà di Ingegneria  
 Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale

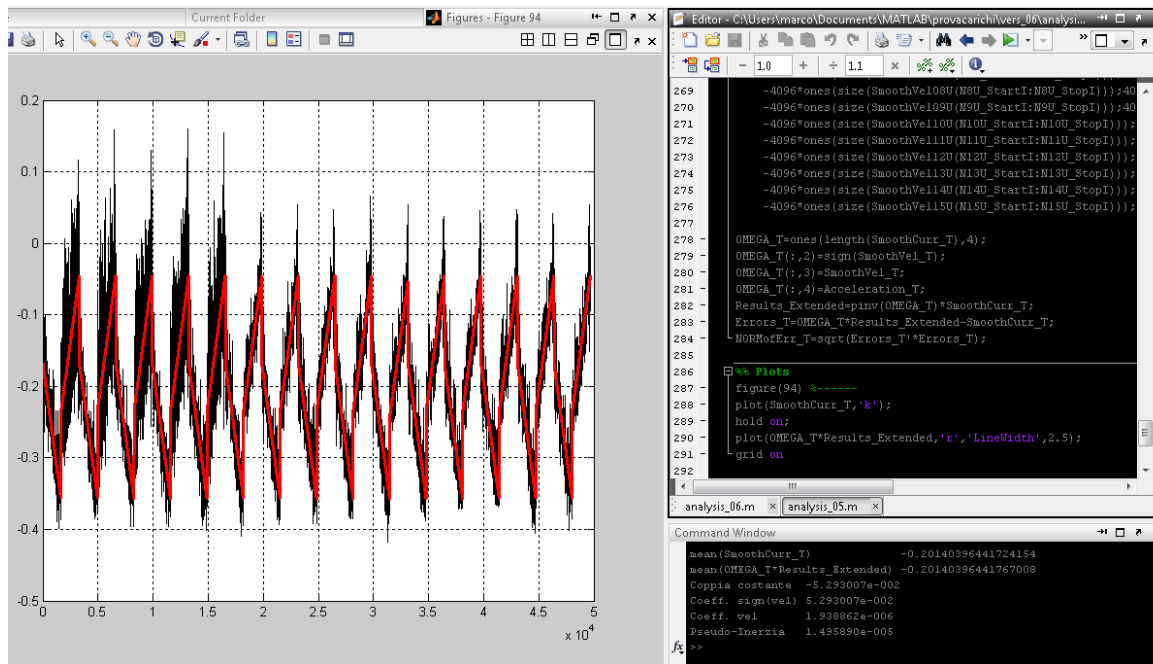




# CICLOERGOMETRO PER HANDBIKE: SOFTWARE



# CICLOERGOMETRO: COMPENSAZIONE ATTRITI

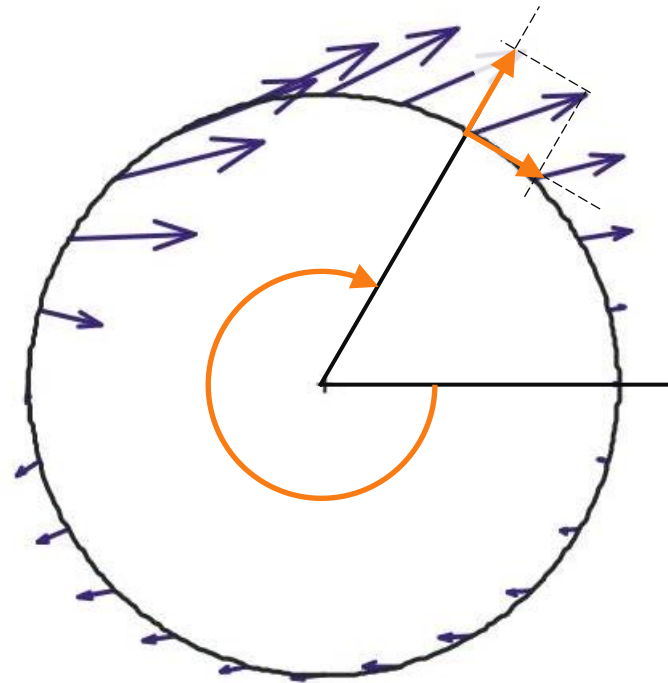
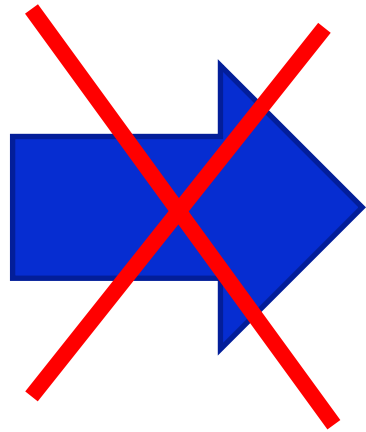
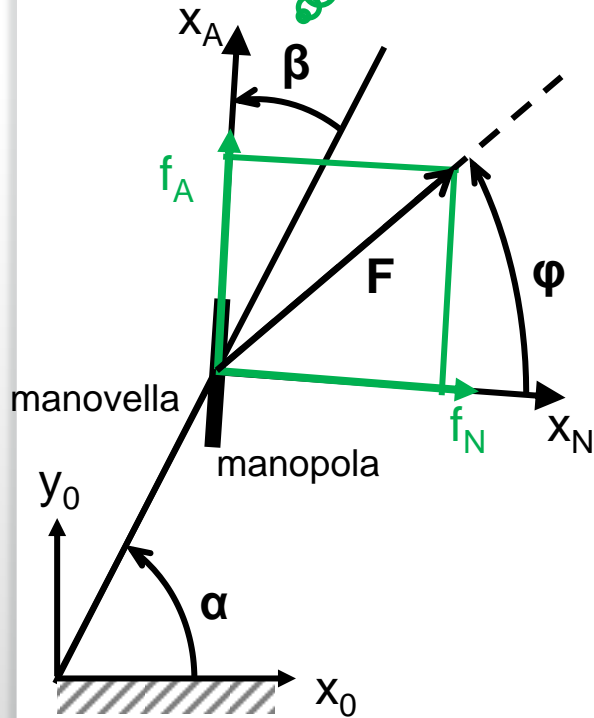


$$I_R = I_0 + \tilde{J} \cdot \dot{\omega} + a \cdot \omega + b \cdot \text{sign}(\omega)$$

$$I_R = \begin{bmatrix} 1 & \dot{\omega} & \omega & \text{sign}(\omega) \\ & & \dots & \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_0 \\ \tilde{J} \\ a \\ b \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} I_0 \\ \tilde{J} \\ a \\ b \end{bmatrix} = \text{pinv} \begin{bmatrix} 1 & \dot{\omega} & \omega & \text{sign}(\omega) \\ & & \dots & \end{bmatrix} \cdot I_R$$



# CICLOERGOMETRO: MANOPOLA STRUMENTATA



# CICLOERGOMETRO: MANOPOLA STRUMENTATA

Sensibilità % Trasversale cella orizzontale -4.0905 %

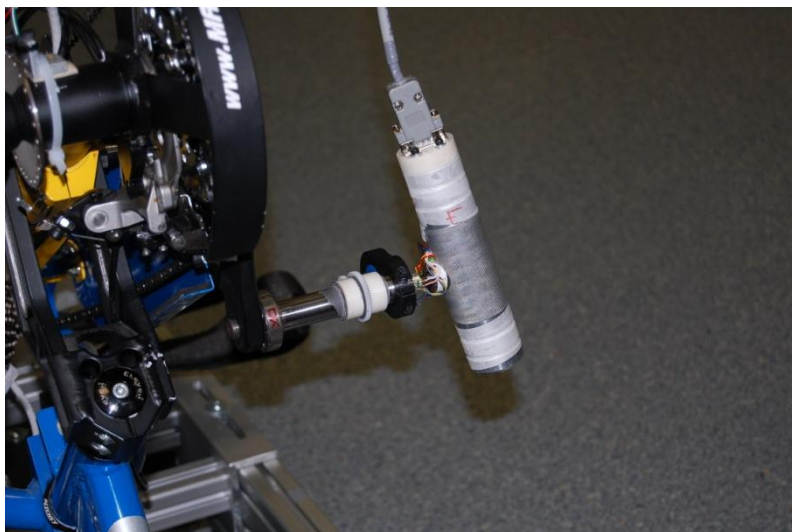
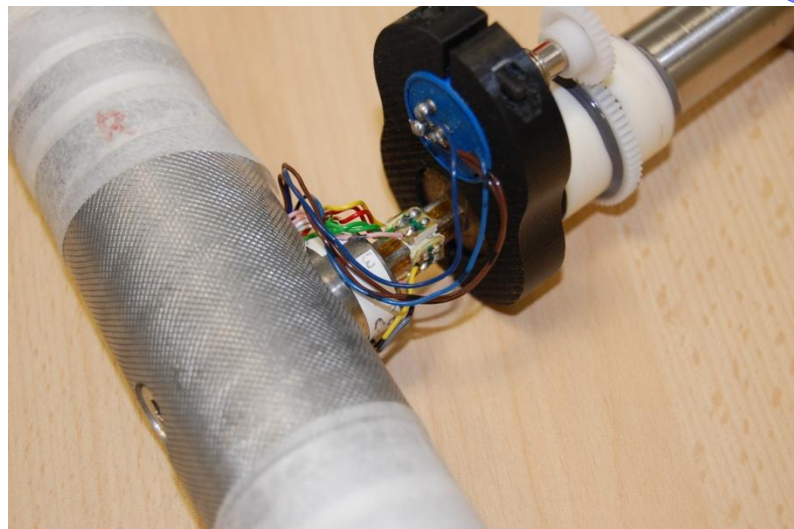
Sensibilità % Trasversale cella verticale -37.5526 %

Incertezza per modello lineare:

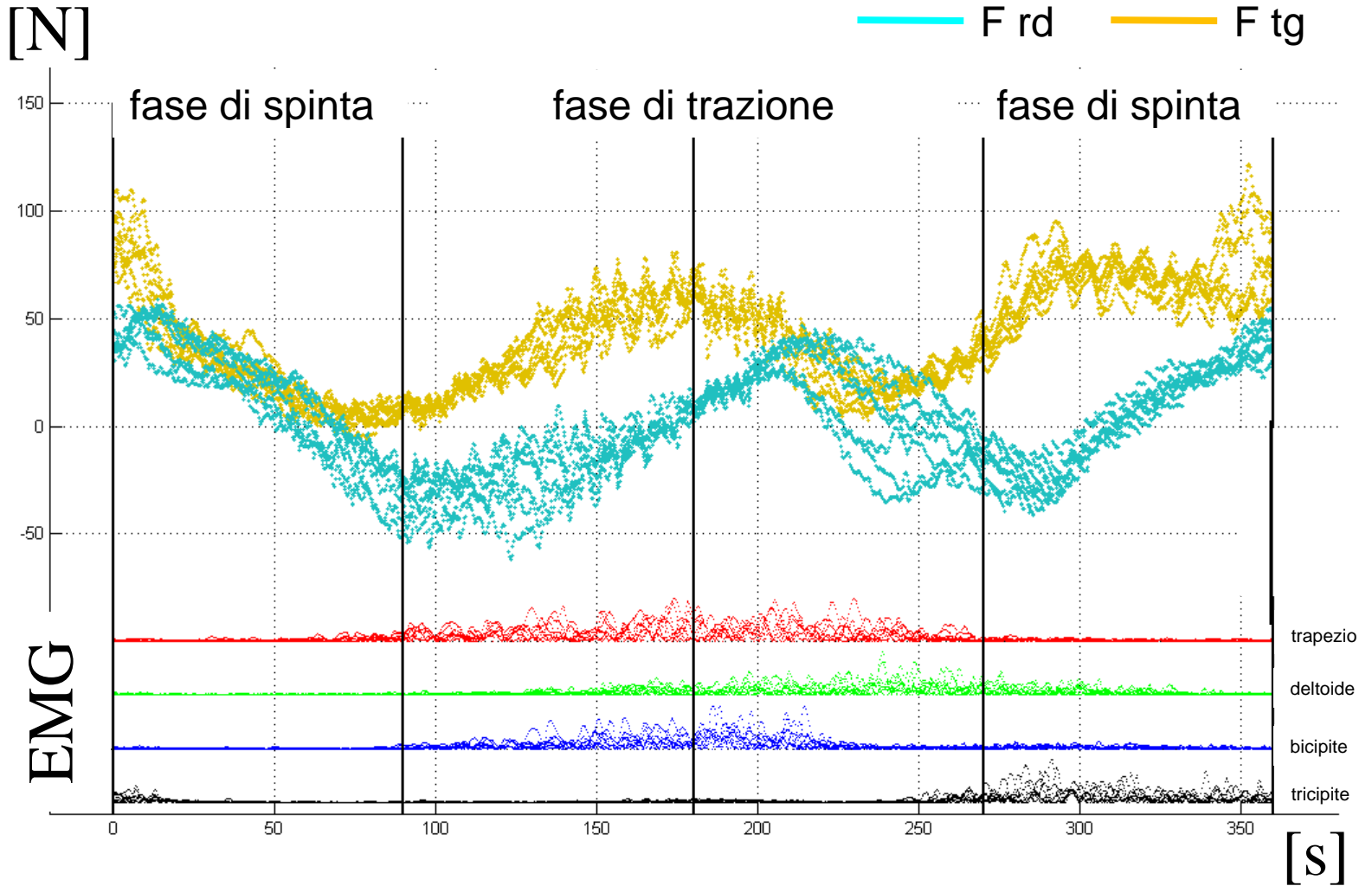
- cella orizzontale 3.5345 N -> 0.3603 kg
- cella verticale 1.2399 N -> 0.12639 kg

Incertezza per modello quadratico:

- cella orizzontale 2.7381 N -> 0.27912 kg
- cella verticale 1.0477 N -> 0.1068 kg



# CICLOERGOMETRO PER HANDBIKE: ACQUISIZIONI



---

---

Sistemi

Cicloergometro per handbike

Modelli

Analisi del movimento

Corsi, Convegni, Pubblicazioni



---

---

Sistemi

Cicloergometro per handbike

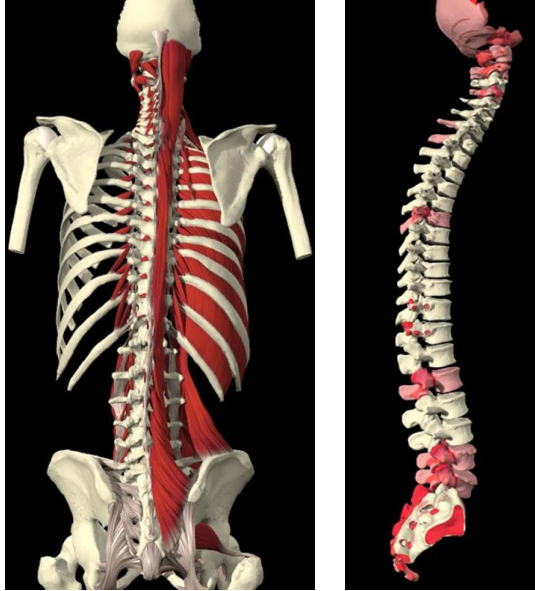
Modelli

Analisi del movimento

Corsi, Convegni, Pubblicazioni



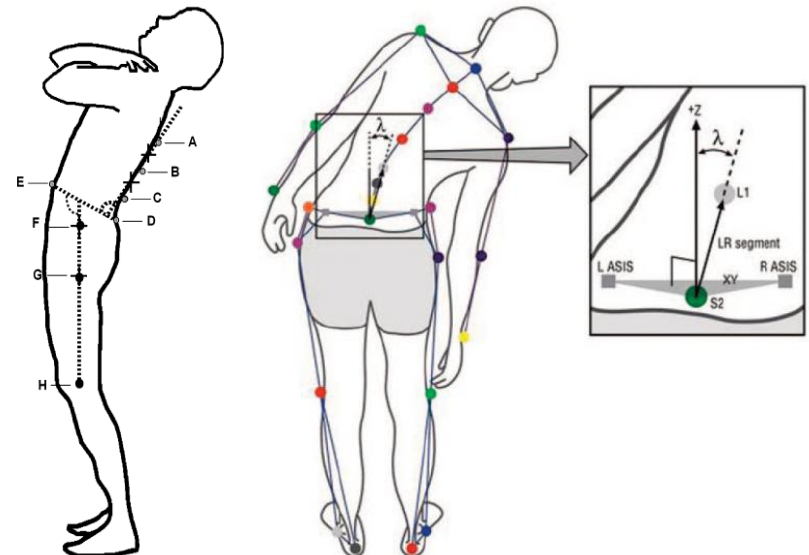
# ANALISI CINEMATICA DEL RACHIDE



Definizione dei protocolli di  
posizionamento dei marker e degli  
algoritmi di elaborazione

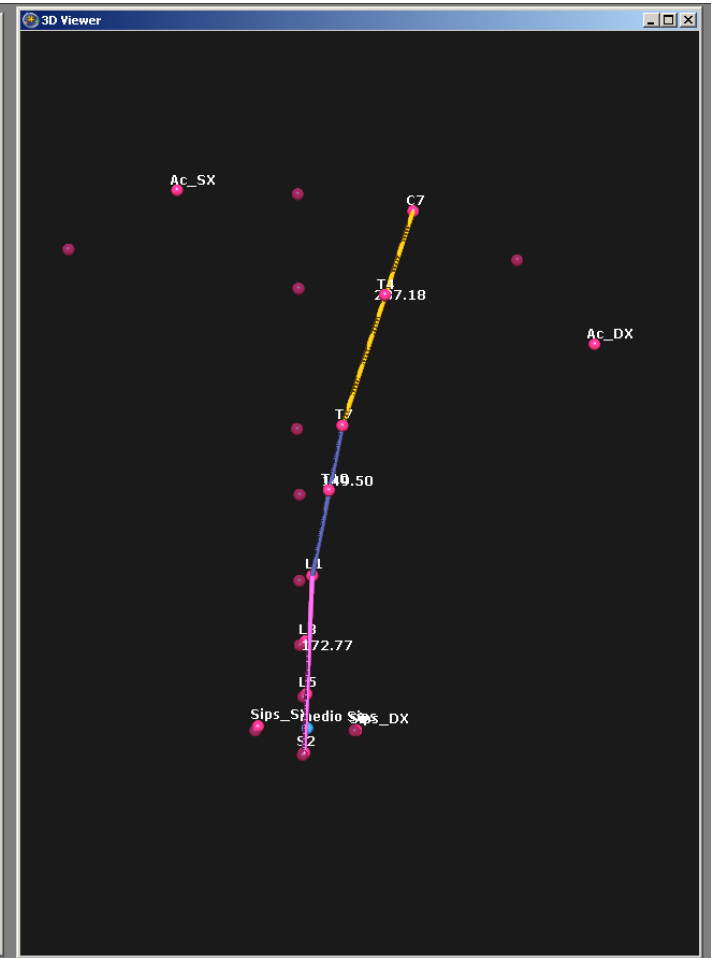
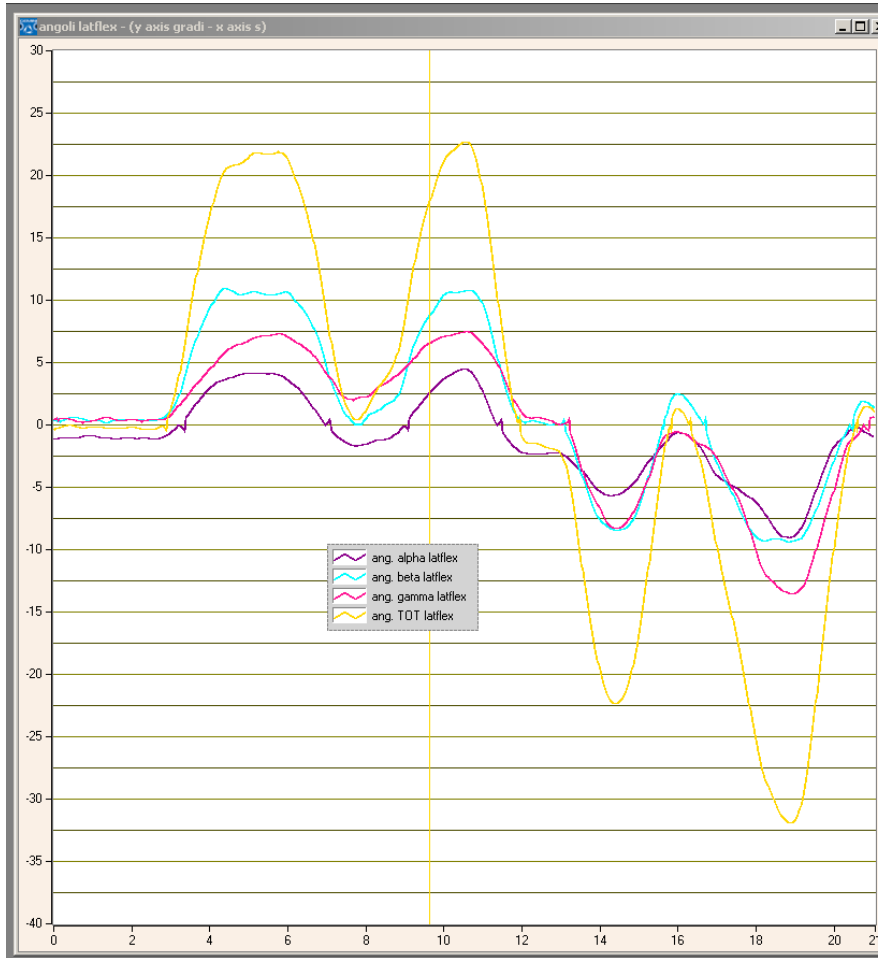
Al fine di ricavare – misurare  
i dati con rilevanza clinica.

- Supporto nelle diagnosi
- Valutazione esiti terapie

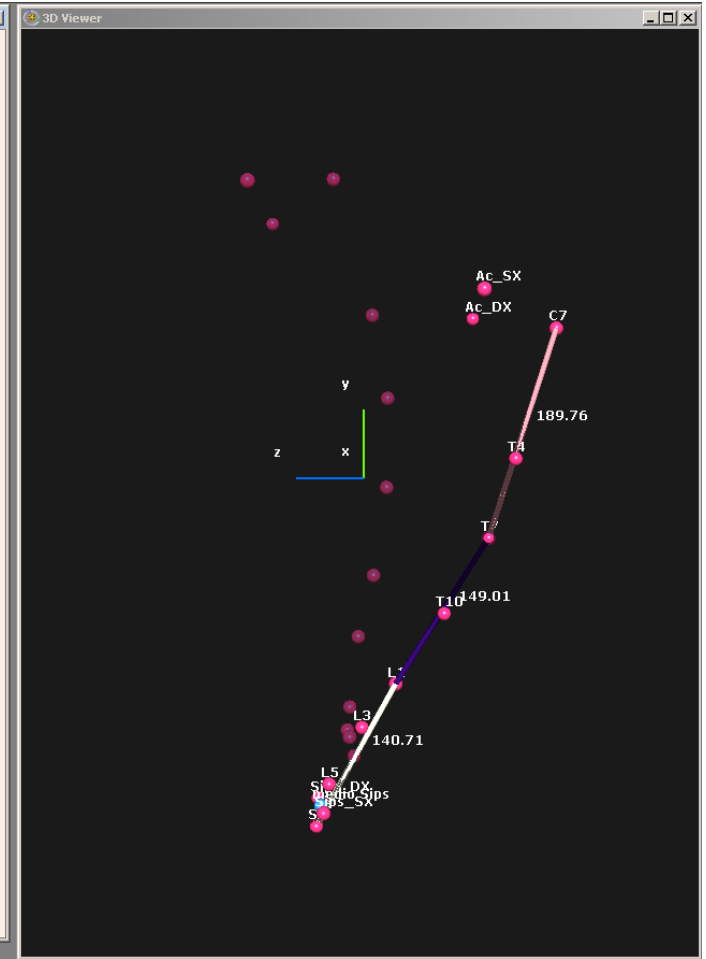
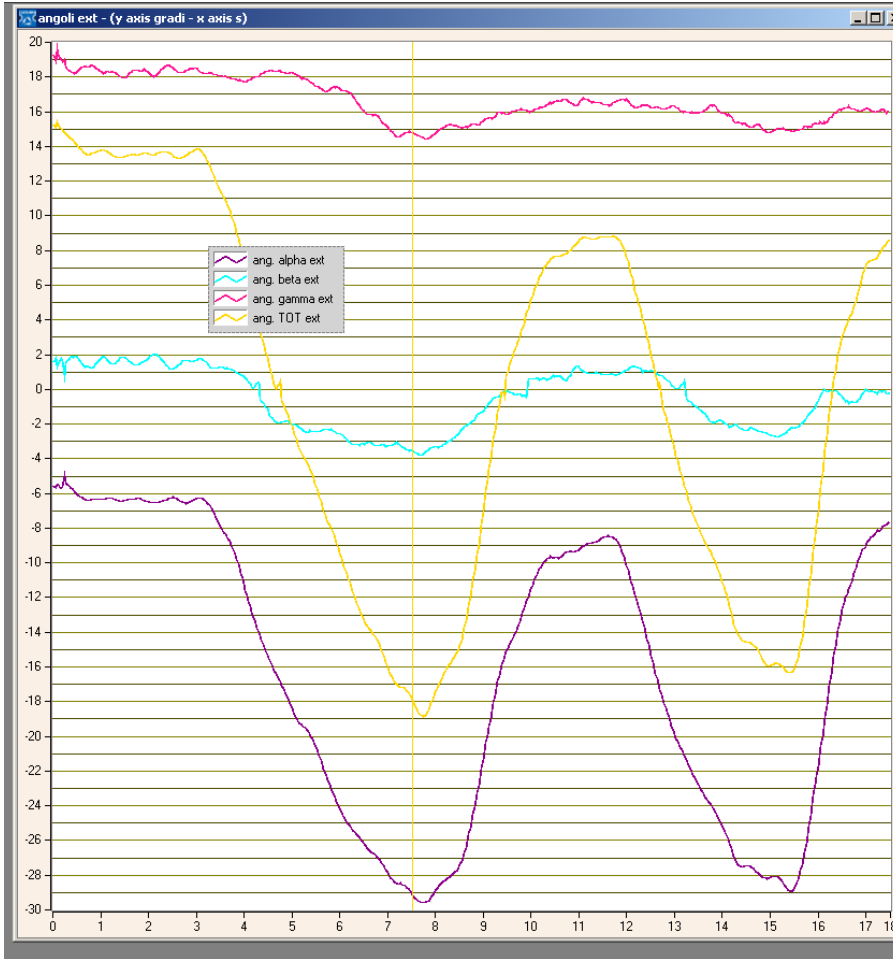




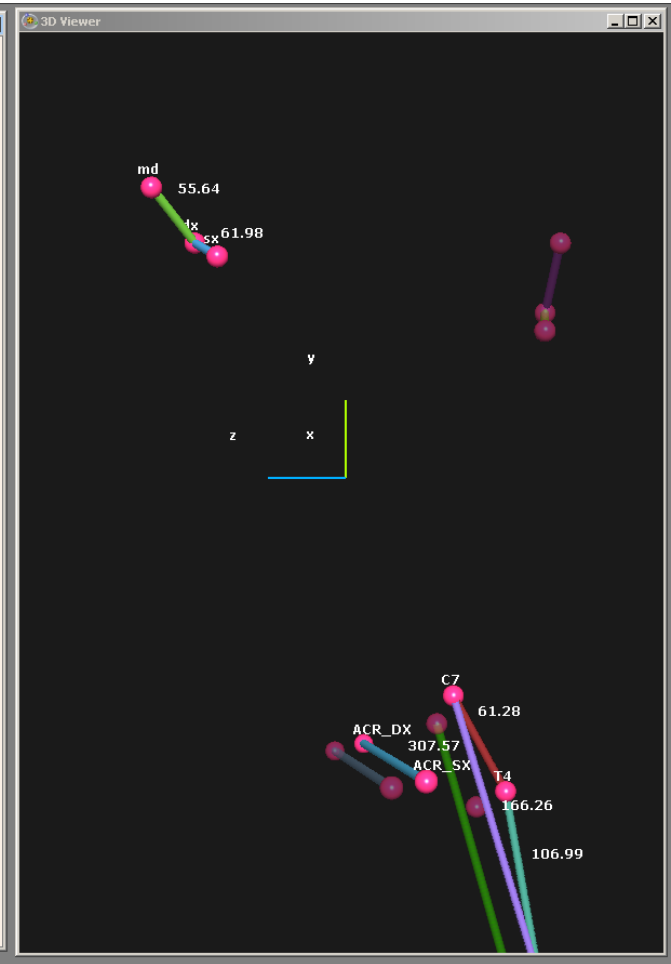
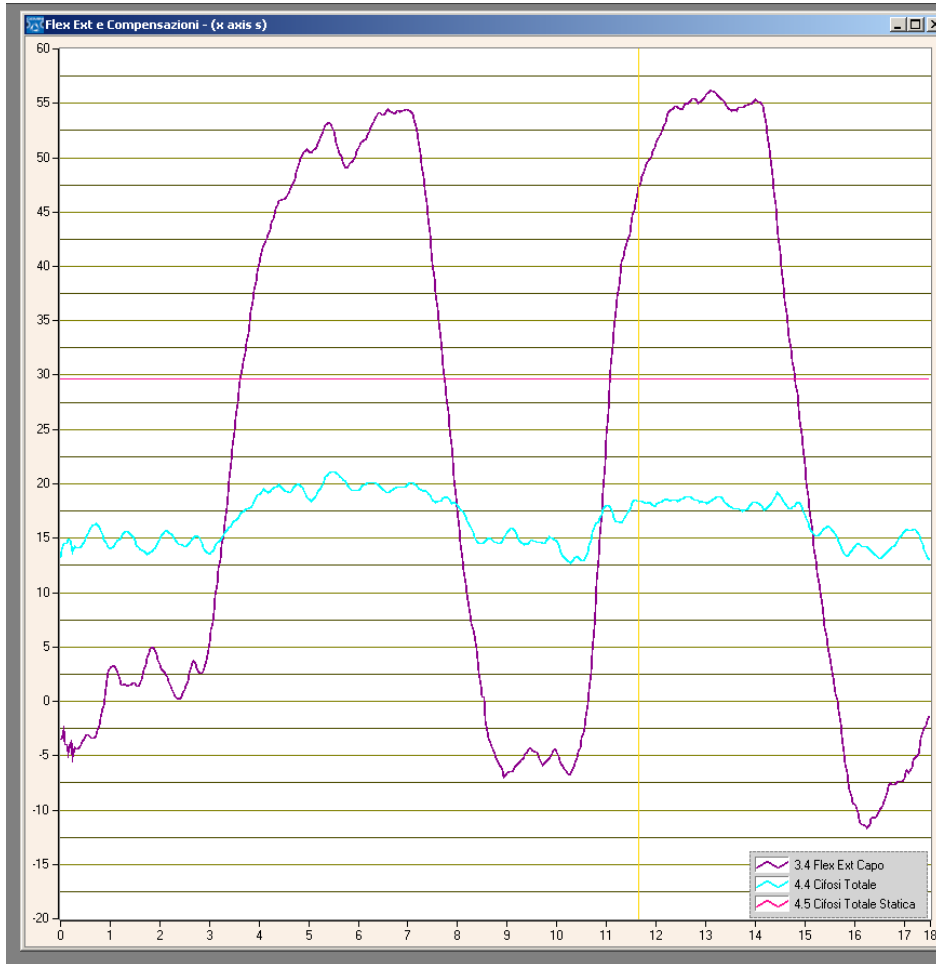
# FLESSIONE LATERALE DEL TRONCO



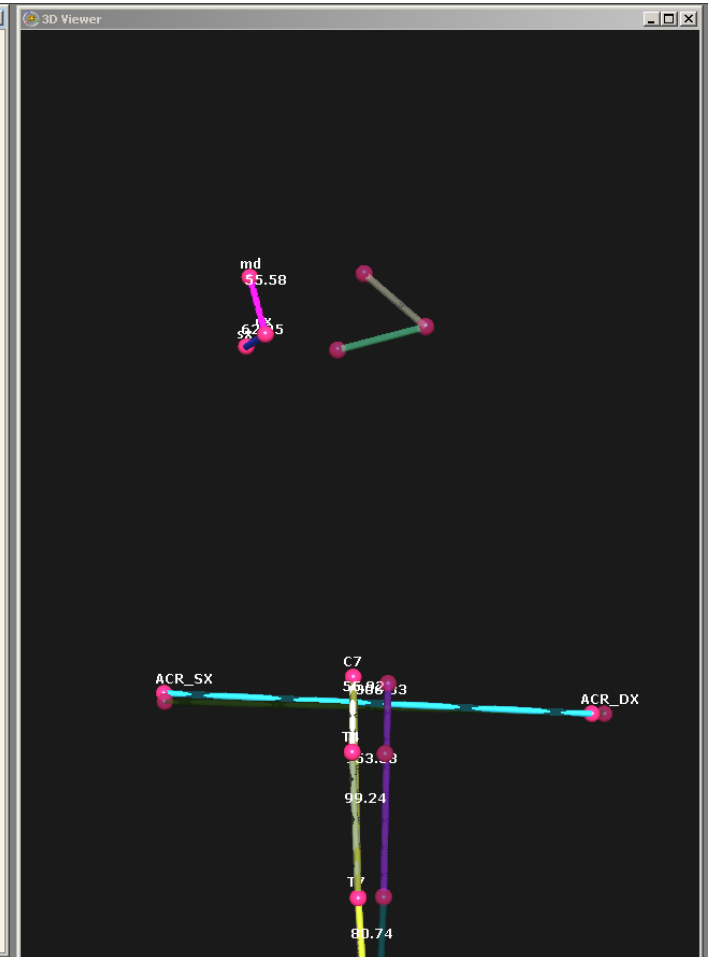
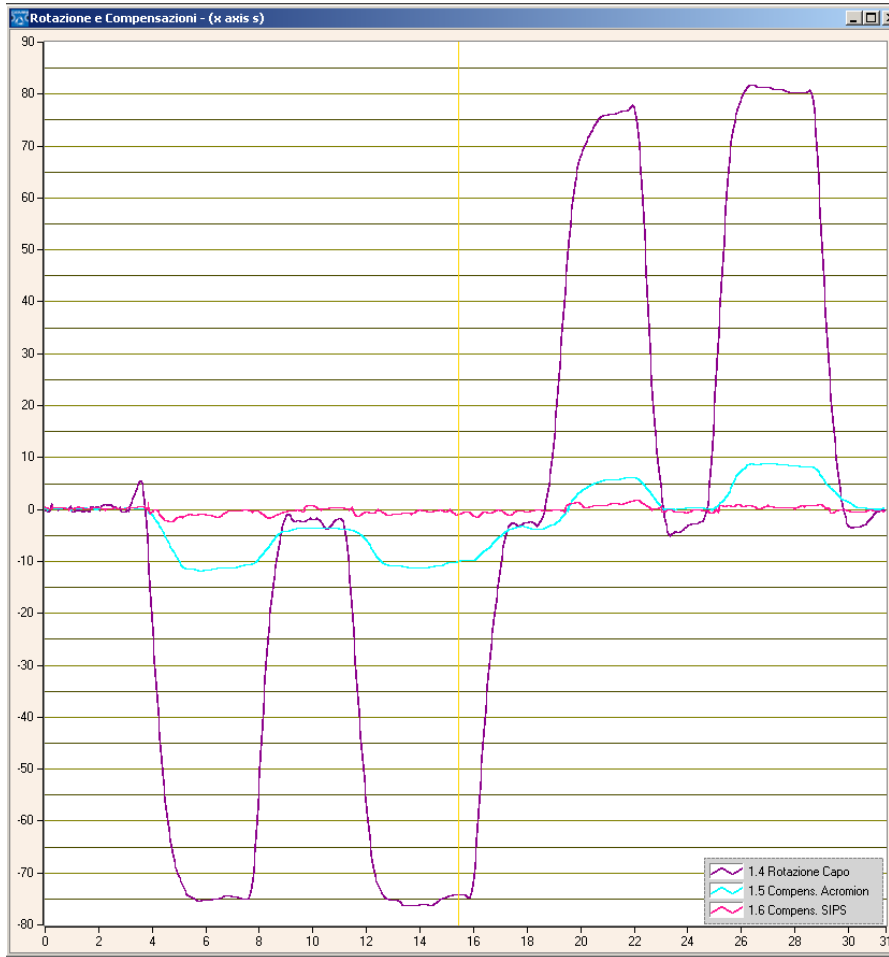
# ESTENSIONE DEL TRONCO



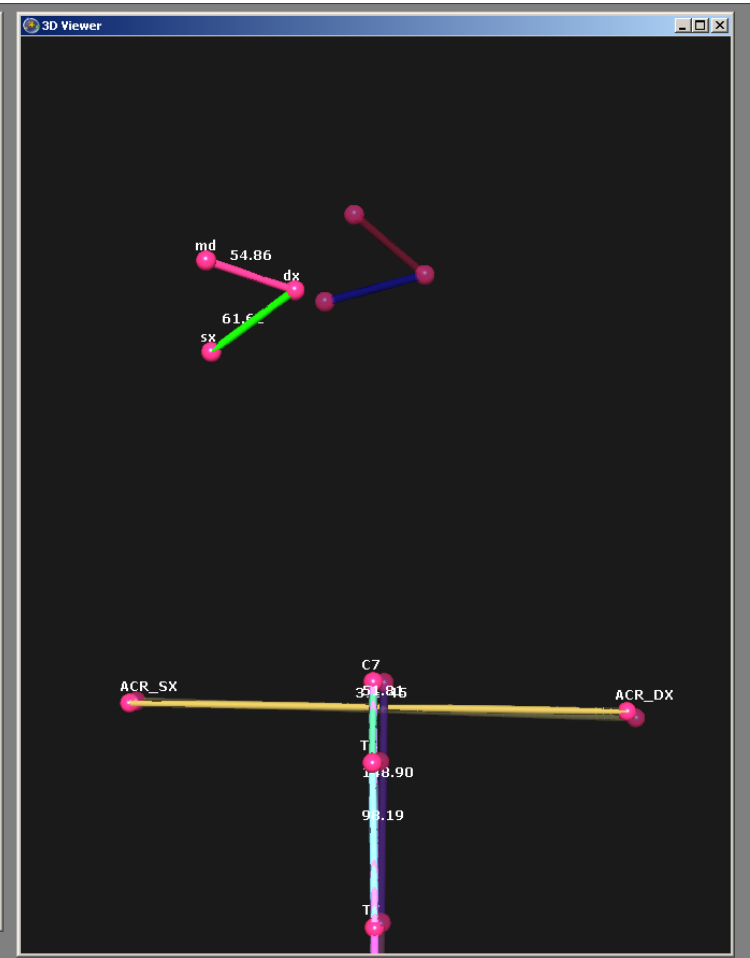
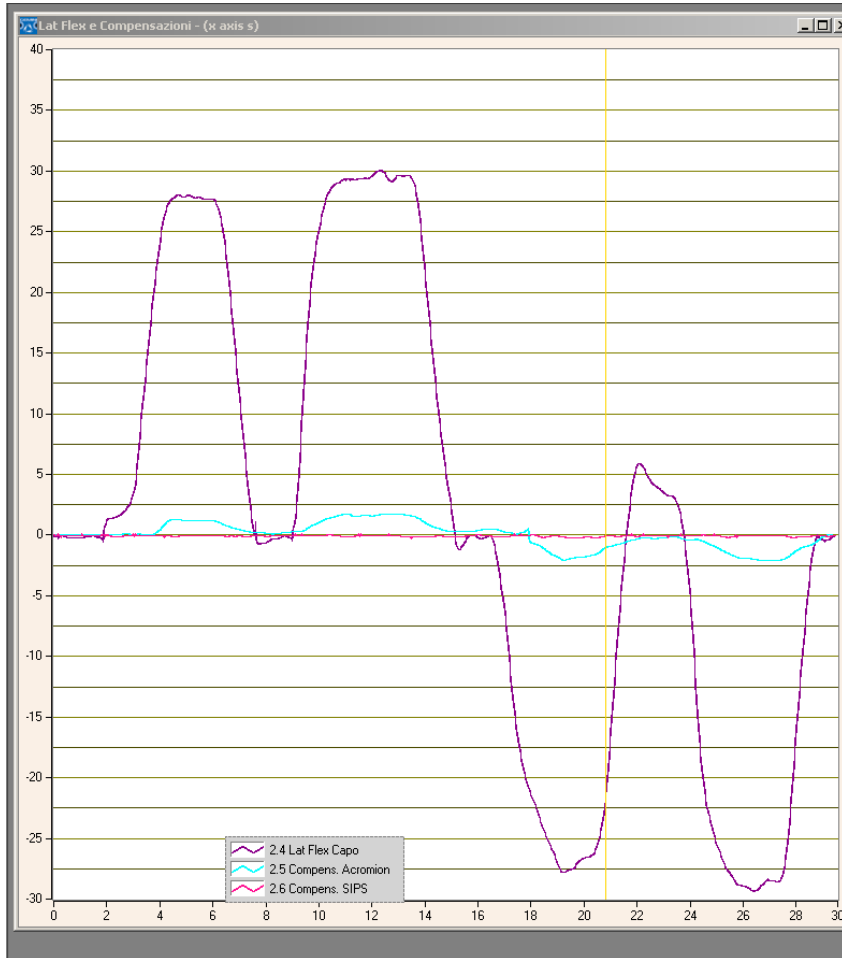
# RACHIDE CERVICALE: FLESSO - ESTENSIONE



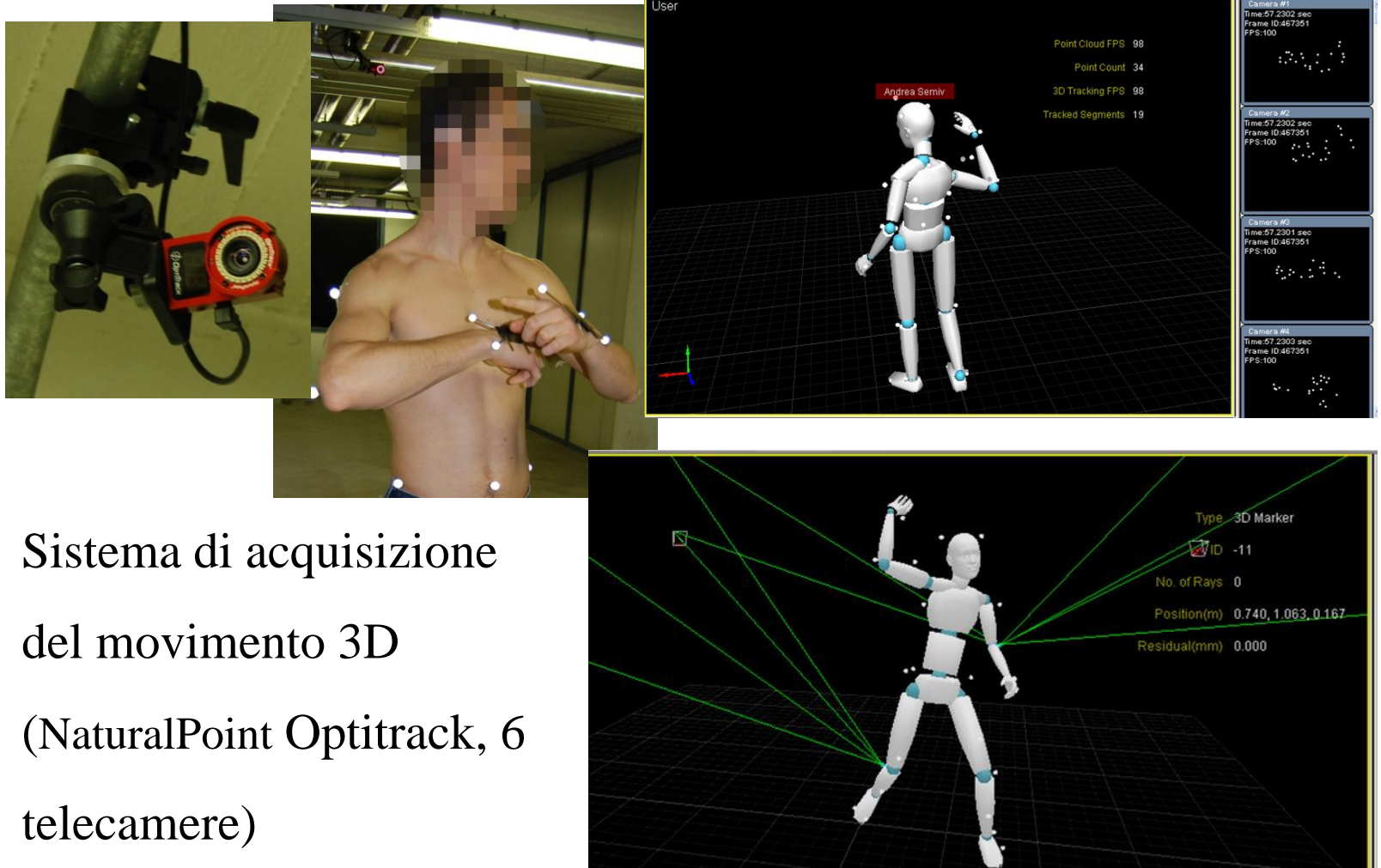
# RACHIDE CERVICALE: ROTAZIONE



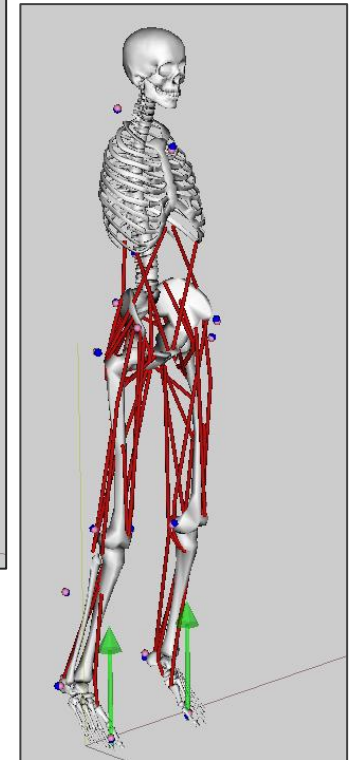
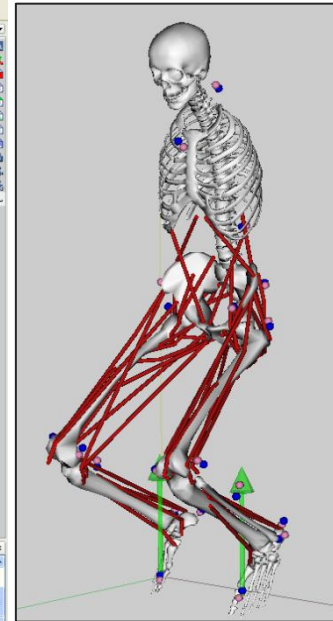
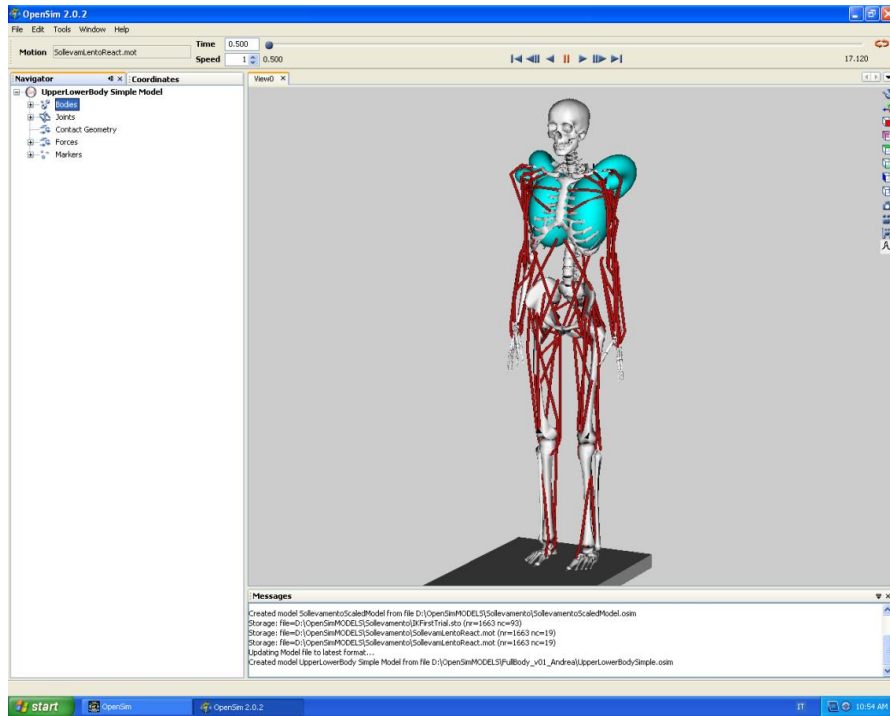
# RACHIDE CERVICALE: FLESSIONE LATERALE



# BIOMECH-LAB → MOTION CAPTURE



Sistema di acquisizione  
del movimento 3D  
(NaturalPoint Optitrack, 6  
telecamere)



Dalla cinematica alle azioni muscolari:  
software per lo sviluppo di modelli muscolo – scheletrici  
e simulazione dinamica del movimento

---

---

Strumenti

Cicloergometro per handbike

Modelli

Analisi cinematiche del rachide

Corsi, Convegni, Pubblicazioni





---

---

Strumenti

Cicloergometro per handbike

Modelli

Analisi cinematiche del rachide

Corsi, Convegni, Pubblicazioni



---

# CORSI, CONVEGNI, PUBBLICAZIONI

---

## **Frequenza a corsi, congressi**

IV Congresso Nazionale SIRAS, novembre 2009, Pavia.

VI Corso sull'analisi del cammino in ambito clinico - SIAMOC Challenge, dicembre 2009, IRCCS S. Maria Nascente, Fondazione Don Gnocchi ONLUS, Milano.

Corso trasversale per dottorandi "Sistemi di acquisizione con LabVIEW", aprile-giugno 2009, Università degli Studi di Brescia.

## **Pubblicazioni**

Bissolotti L., Ometto M., Calabretto C., Gobbo M., Lussignoli D., Baruzzi E., Orizio C., "La valutazione biomeccanica del paziente lombalgico: aspetti applicativi di un nuovo sistema d'analisi cinematica a due fotocamere", Atti del Congresso ISICO R&R, Marzo 2010, Milano;

Bissolotti L., Ometto M., Calabretto C., Gobbo M., Lussignoli D., Baruzzi E., Gaffurini P., Orizio C., "Functional and kinematic evaluation of athletes with spinal pain syndromes by a new two optoelectronic cameras system", in XIX International Congress of Sport Rehabilitation and Traumatology Proc., April 10–11, 2010;

Bissolotti L., Ometto M., Legnani G., Gobbo M., Chiari S., Calabretto C., Lussignoli D., Baruzzi E., Gaffurini P., Orizio C., "Functional and kinematic evaluation of athletes with spinal pain syndromes by a new two optoelectronic cameras system", in XXXVI Simfer-ESPRM Congress Proc., Venice, may 23-27, 2010.





# GRAZIE

---

Università degli Studi di Brescia  
Facoltà di Ingegneria  
Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale

