
Università degli studi di Pavia

Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione

Corso di laurea in Bioingegneria

**Raccolta di dati clinici, elaborazione di immagini TC e PC-MRI e
analisi dei risultati di simulazioni CFD all'interno del progetto
iCardioCloud**

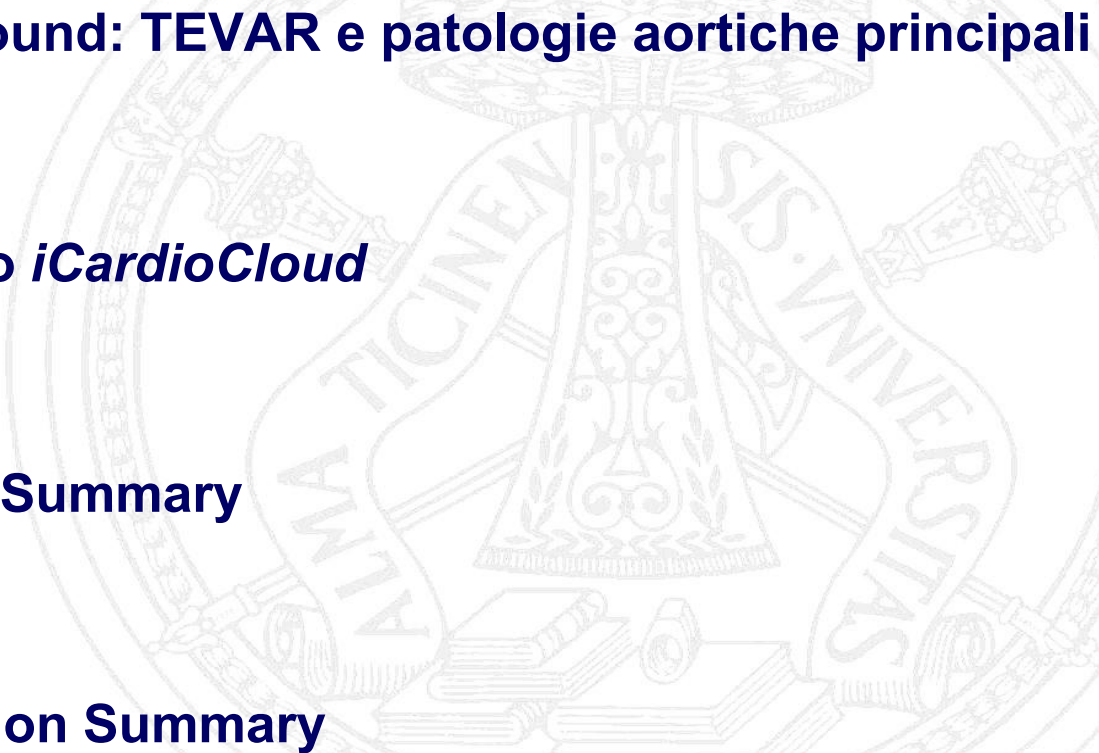
Relatore: Prof. **Simone Morganti**

Correlatore: Dott.ssa **Chiara Trentin**

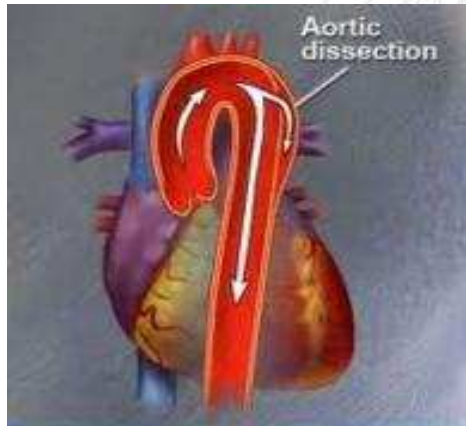
Andrea Passoni

UIN 401471

Anno Accademico: 2014/2015

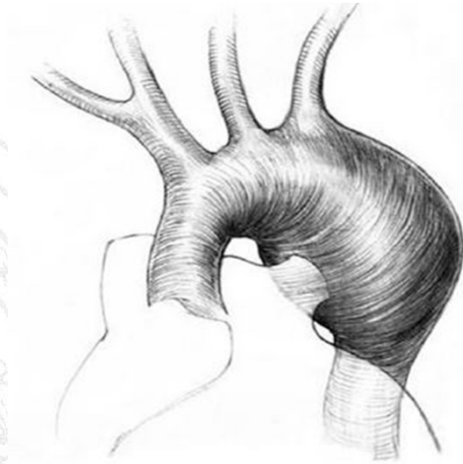
- **Background: TEVAR e patologie aortiche principali**
 - **Progetto *iCardioCloud***
 - **Clinical Summary**
 - **Simulation Summary**
- 

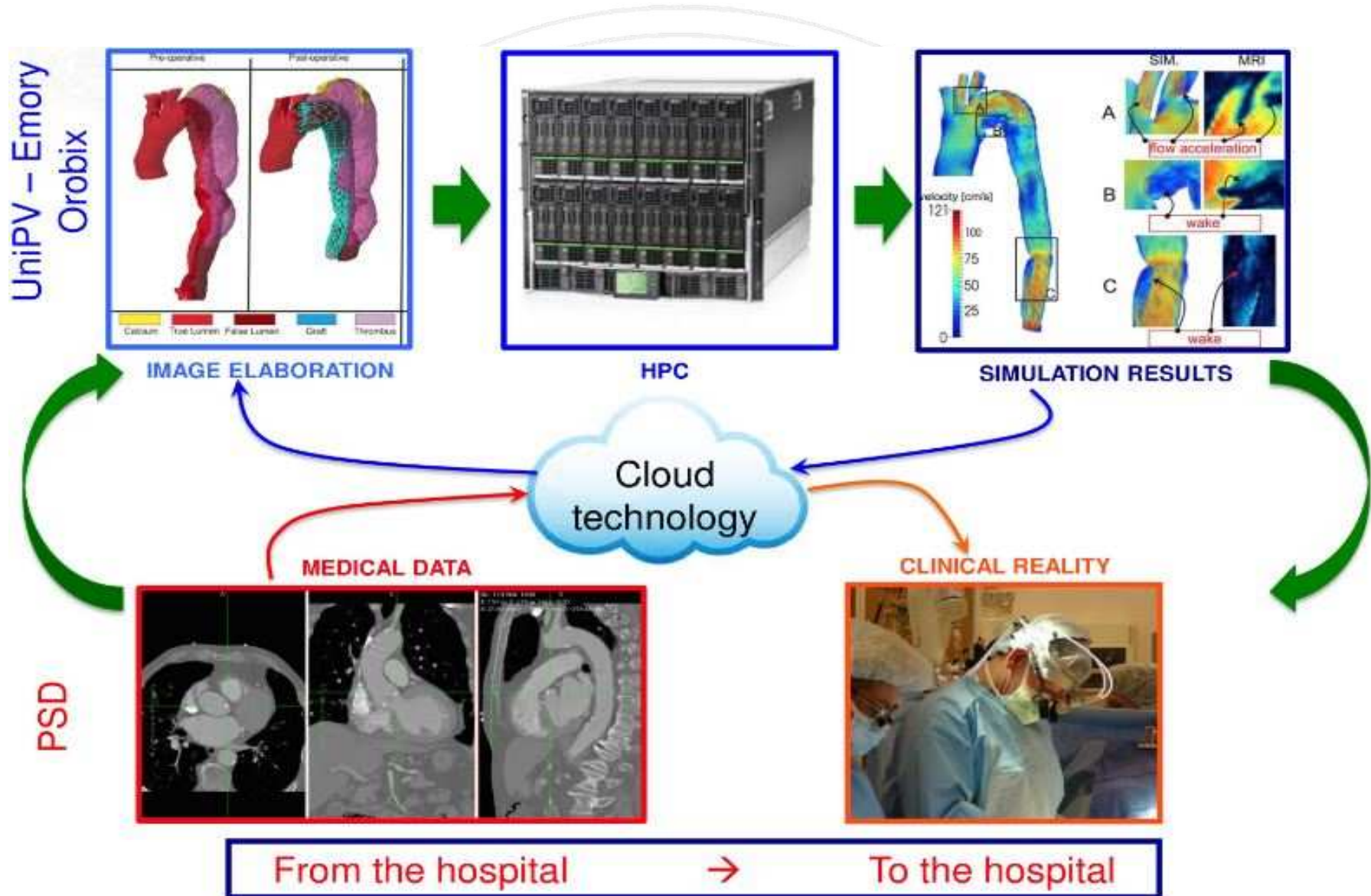
- ▶ **Aneurisma aortico:** abnorme dilatazione di un tratto dell'aorta
 - Occorrenza: 25 % toracico 75 % addominale
 - Elevata mortalità



- ▶ **Dissezione aortica:** scissione della tonaca media in vero e falso lume
 - Prevalenza: 3,5 casi su 100.000 persone all'anno
 - Mortalità entro 48 ore: 36-42 %

- ◆ **Thoracic Endovascular Aortic Repair (TEVAR)**
 - Innovativa e promettente tecnica
 - Minimamente invasiva





➤ Realizzazione di un Clinical Summary

- Fornire un'**istantanea sul quadro clinico** di un paziente
- Schematizzare e compattare database di dimensioni molto grandi
- **Gestire un'ingente quantità di dati**
- **Integrare competenze diverse**

➤ Realizzazione di un Simulation Summary

- Calcolare parametri biomeccanici
- Incrementare l'informazione legata alle patologie aortiche
- Supportare il processo decisionale di medici e chirurghi
- Predire gli esiti dei trattamenti (endo)vascolari

Clinical Summary – Template

Tipo di malattia

Dati personali

Informazioni cliniche principali

Trattamenti in corso

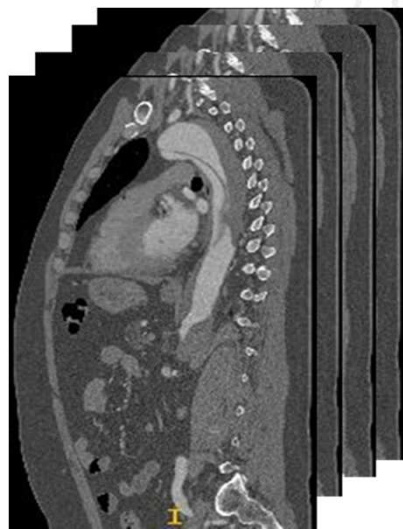
Esami medici

<p style="text-align: center;">Type of disease</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">3D-CTA RECONSTRUCTION PRE-OPERATORY</div> <div style="font-size: 2em;">→</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">3D-CTA RECONSTRUCTION POST-OPERATORY</div> </div>													
<p style="text-align: center;">PERSONAL DATA</p> <p>PATIENT ID _____</p> <p>GENDER _____</p> <p>AGE (AT ADMISSION) _____</p>														
<p style="text-align: center;">MAIN CLINICAL INFORMATION</p> <p>Pathology: _____</p> <p>Nature of morbidity: _____</p> <p>Due to the current episode: _____</p> <p>Symptoms: _____</p> <p>Comorbidity:</p> <ul style="list-style-type: none"> • _____ • _____ • _____ 	<p>AORTA PRE-OPERATORY SKETCH AND MAIN SECTIONS</p>													
<p style="text-align: center;">ONGOING TREATMENTS</p> <p>Treatment: _____</p> <p>Endoprosthesis (if TEVAR): _____</p> <p>Surgical Access: _____</p> <p>Treatment date: _____</p> <p>Endoleak after surgery: _____</p>	<p>FLOW THROUGH ASCENDING</p>	<p>FLOW PRE ANEURYSMAL SAC (if aneurysm)</p>												
<p style="text-align: center;">MEDICAL EXAMINATIONS</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #f2f2f2;">PERIOD/EXAM</th> <th style="background-color: #d9e1f2;">CTA</th> <th style="background-color: #d9e1f2;">MRI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #d9ead3;">PRE-SURGERY</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #d9ead3;">POST-SURGERY</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #d9ead3;">FOLLOW-UP</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	PERIOD/EXAM	CTA	MRI	PRE-SURGERY			POST-SURGERY			FOLLOW-UP			<p>FLOW THROUGH DESCENDING</p>	<p>FLOW IN THE MIDDLE OF THE DISSECTION LUMEN (if dissection)</p>
PERIOD/EXAM	CTA	MRI												
PRE-SURGERY														
POST-SURGERY														
FOLLOW-UP														
<p>NOTES: _____</p>	<p>FLOW THROUGH BRACHIOCEPHALIC TRUNK</p>	<p>FLOW POST ANEURYSMAL SAC (if aneurysm)</p>												
	<p>FLOW THROUGH ASCENDING</p>	<p>FLOW THROUGH CAROTID-SUCCLOAVIA</p>												
	<p>FLOW THROUGH ANULUS</p>	<p>FLOW THROUGH DESCENDING</p>												

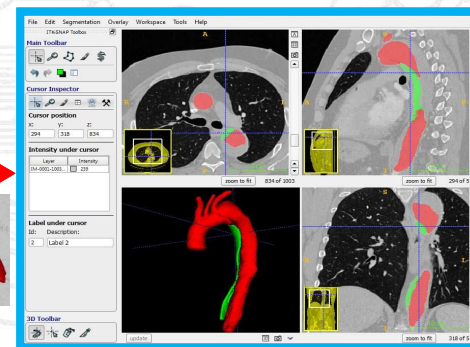
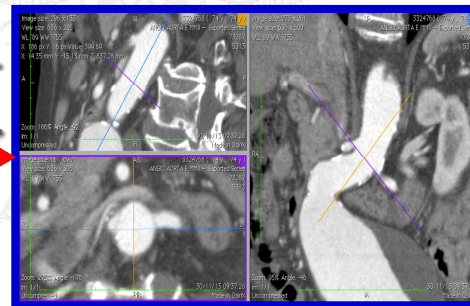
Ricostruzione 3D da immagini CTA dell'aorta pre/post operatoria

► Segmentazione di strutture anatomiche

- Compito fondamentale nella ricerca cardiovascolare
- Forma e dimensione delle strutture cardiache
- Fisiopatologia di disordini cardiovascolari



CTA
Input Images



Dominio
computazionale

Clinical Summary – Template

Tipo di malattia

Type of disease

Dati personali

PERSONAL DATA

PATIENT ID
GENDER
AGE (AT ADMISSION)

Informazioni cliniche principali

MAIN CLINICAL INFORMATION

Pathology:
Nature of morbidity:
Due to the current episode:
Symptoms:
Comorbidity:
• _____
• _____
• _____

Trattamenti in corso

ONGOING TREATMENTS

Treatment:
Endoprosthesis (if TEVAR):
Surgical Access:
Treatment date:
Endoleak after surgery:

Esami medici

MEDICAL EXAMINATIONS

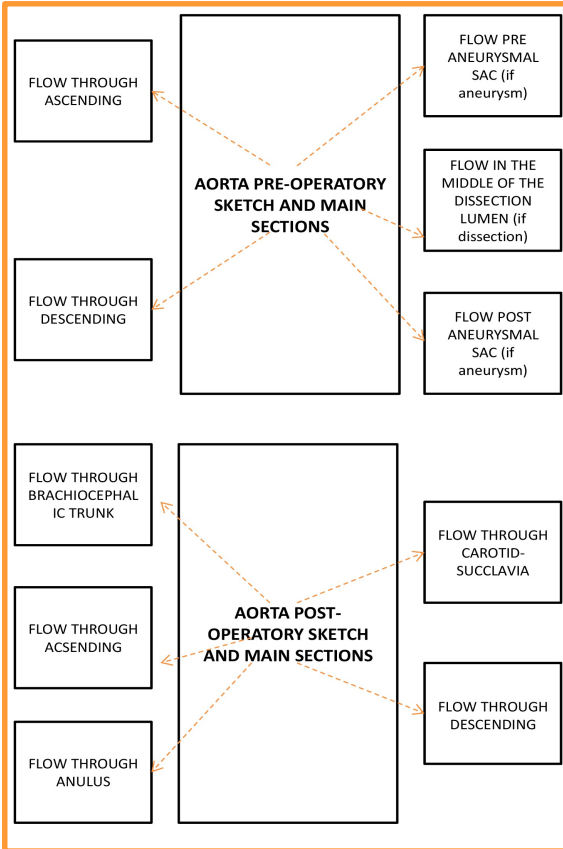
PERIOD/EXAM	CTA	MRI
PRE-SURGERY		
POST-SURGERY		
FOLLOW-UP		

NOTES: _____

3D-CTA RECONSTRUCTION PRE-OPERATORY

3D-CTA RECONSTRUCTION POST-OPERATORY

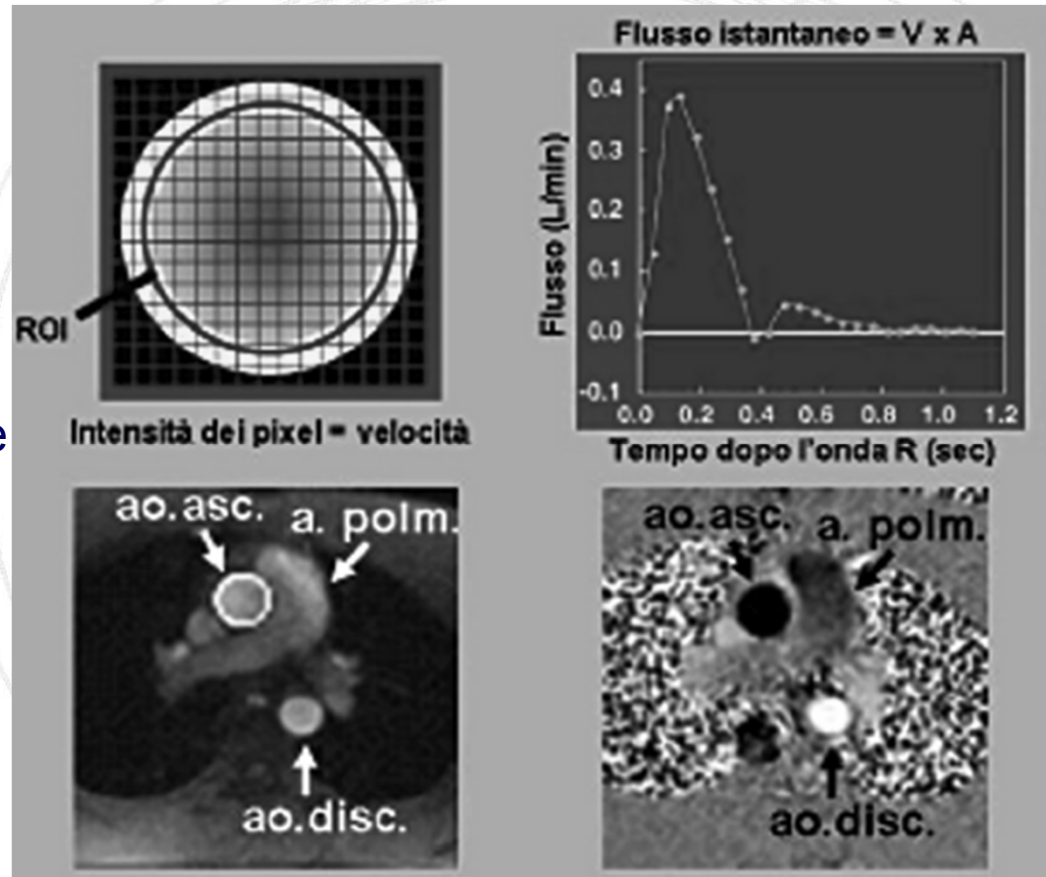
Ricostruzione 3D da immagini CTA dell'aorta pre/post operatoria



Curve di funzione del flusso sanguigno provenienti da immagini PC-MRI dell'aorta pre/post operatoria

Profili di flusso da immagini PC-MRI

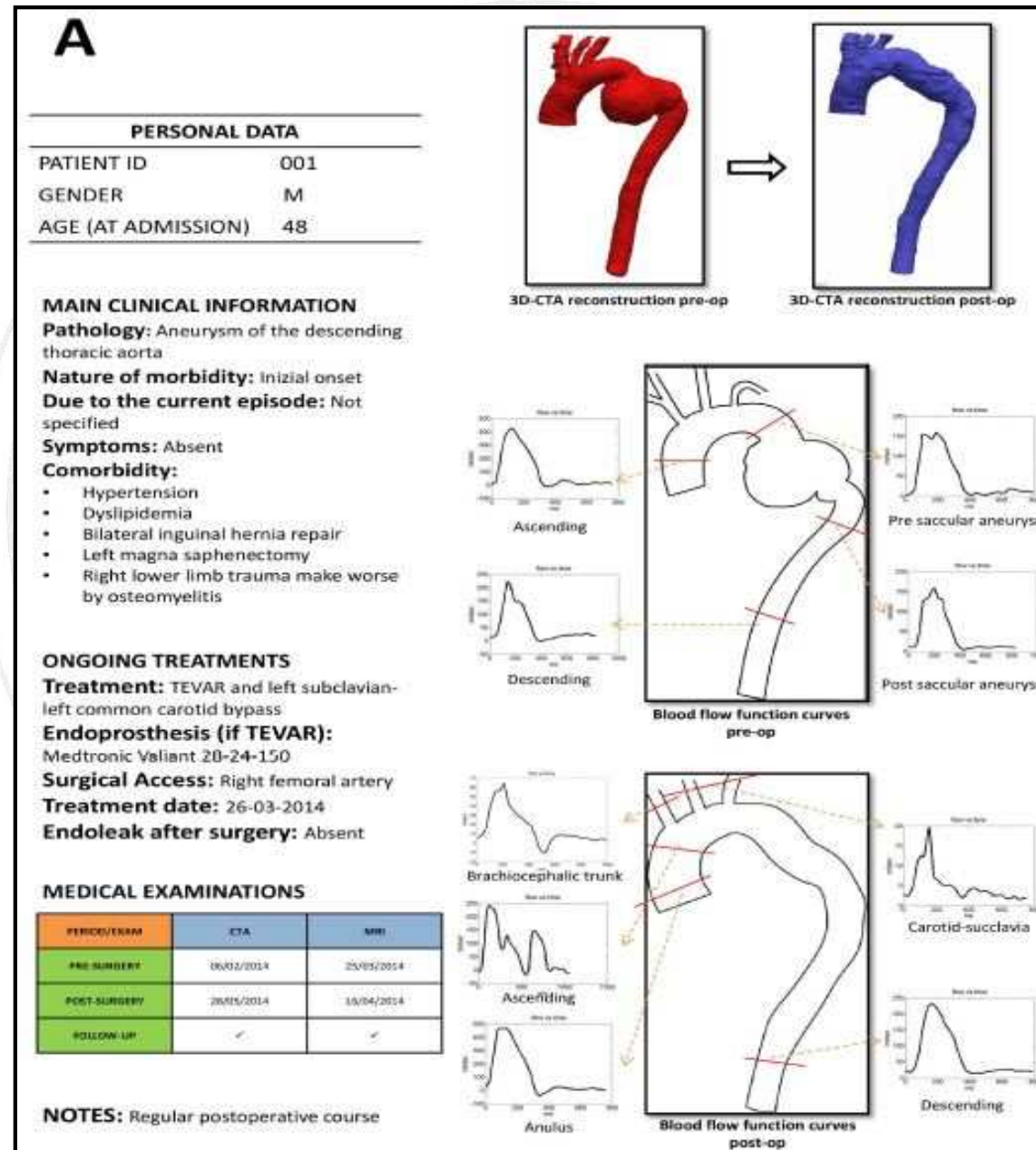
- Gradiente di campo magnetico bipolare
- Differenza di fase tra spin mobili e fermi
- Piano di flusso e velocity encoding



- Definizione della Region of Interest (ROI)
- Intensità dei pixel = velocità
- Estrazione automatica di dati di velocità e flusso

Realizzazione pratica sul paziente 001

- Maggiore compattezza e schematicità rispetto ad un large database



- Modelli computazionali per successiva analisi CFD e maggiore comprensione dell'impatto dello stent sulla geometria aortica

- Immediata valutazione emodinamica del flusso ematico pre e post intervento

➤ Realizzazione di un Clinical Summary

- Fornire un'istantanea sul quadro clinico di un paziente
- Schematizzare e compattare database di dimensioni molto grandi
- Gestire un'ingente quantità di dati
- Integrare competenze diverse

➤ Realizzazione di un Simulation Summary

- **Calcolare parametri biomeccanici**
- **Incrementare l'informazione** legata alle patologie aortiche
- **Supportare il processo decisionale** di medici e chirurghi
- Predire gli esiti dei trattamenti (endo)vascolari

Modelli computazionali dell'aorta



➤ **Modello pre-operatorio**

➤ **Modello post-operatorio reale**



➤ **Modello post-operatorio virtuale**



- **Considerati** nel Simulation Summary

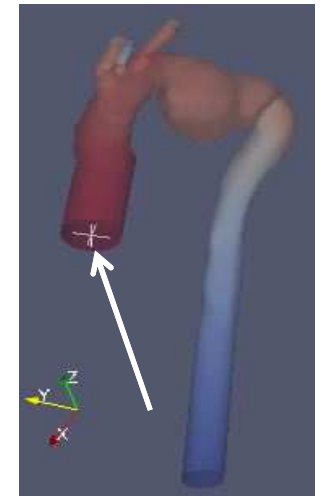
- Visualizzati con



Analisi post processing di:

- **Pressione e velocità**
- **Streamlines**
 - Streamtracer
 - Tube
- **WSS**

- **Flow Extension**



- **Non considerato** nel Simulation Summary
- Visualizzato con **Paraview**
- **Flow Extension**

▶ Ipotesi e semplificazioni

- **Fluido Newtoniano**



Viscosità del sangue costante

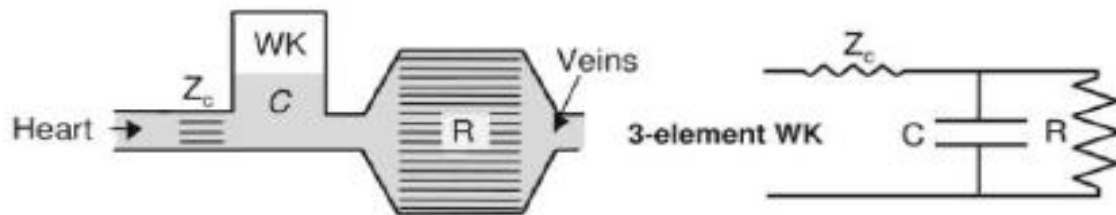
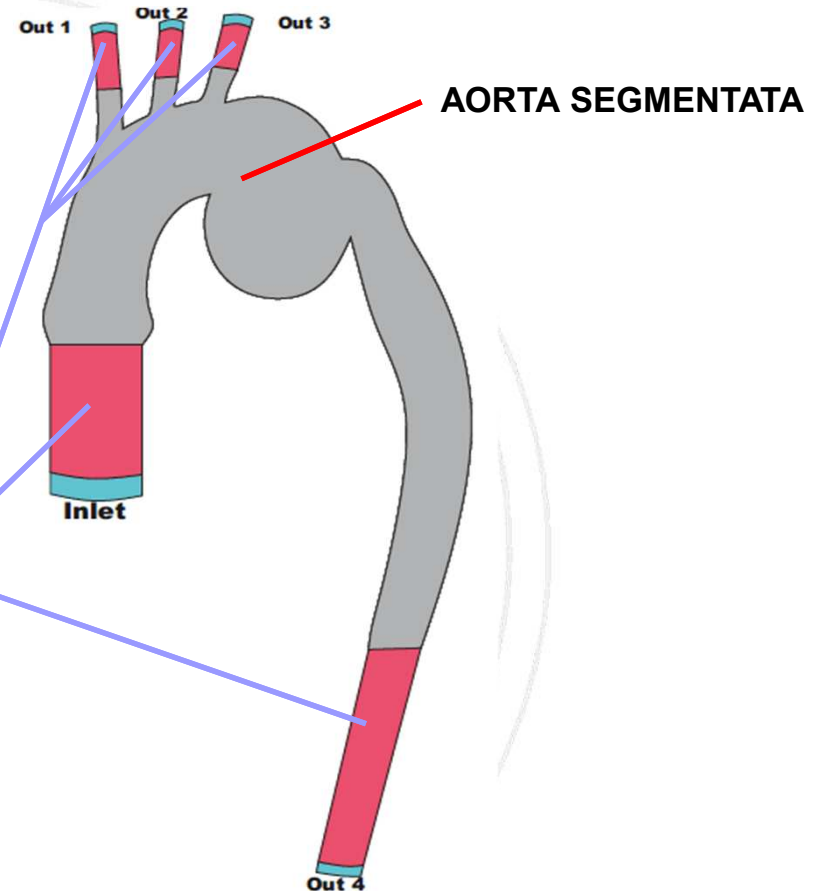
- **Parete aortica rigida**

▶ Equazioni costitutive

- **Navier-Stokes**

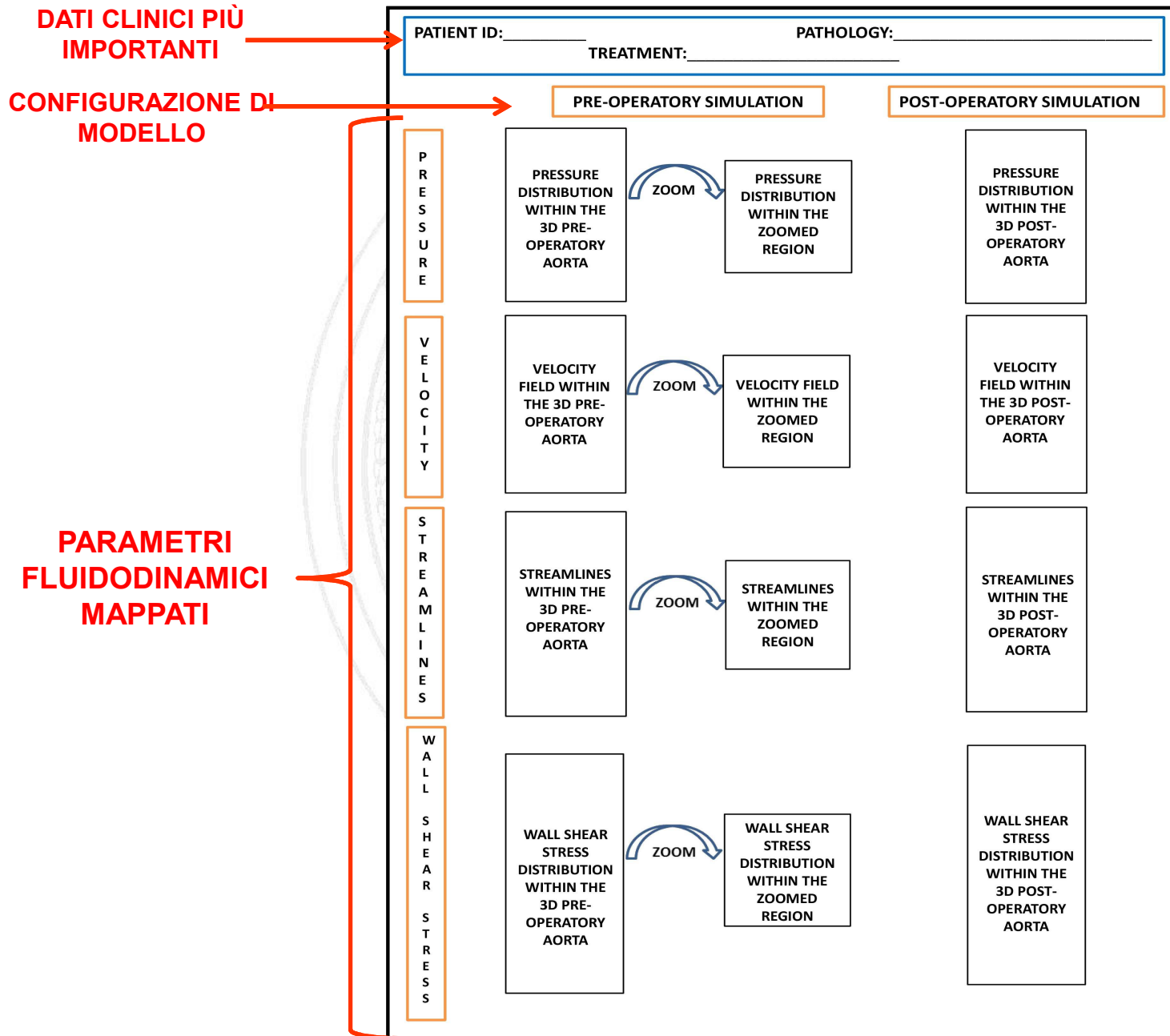
▶ BCs

- **No-slip condition** (parete aortica)
- **Portata costante** (Inlet)
- **Windkessel Model** (Outlets)

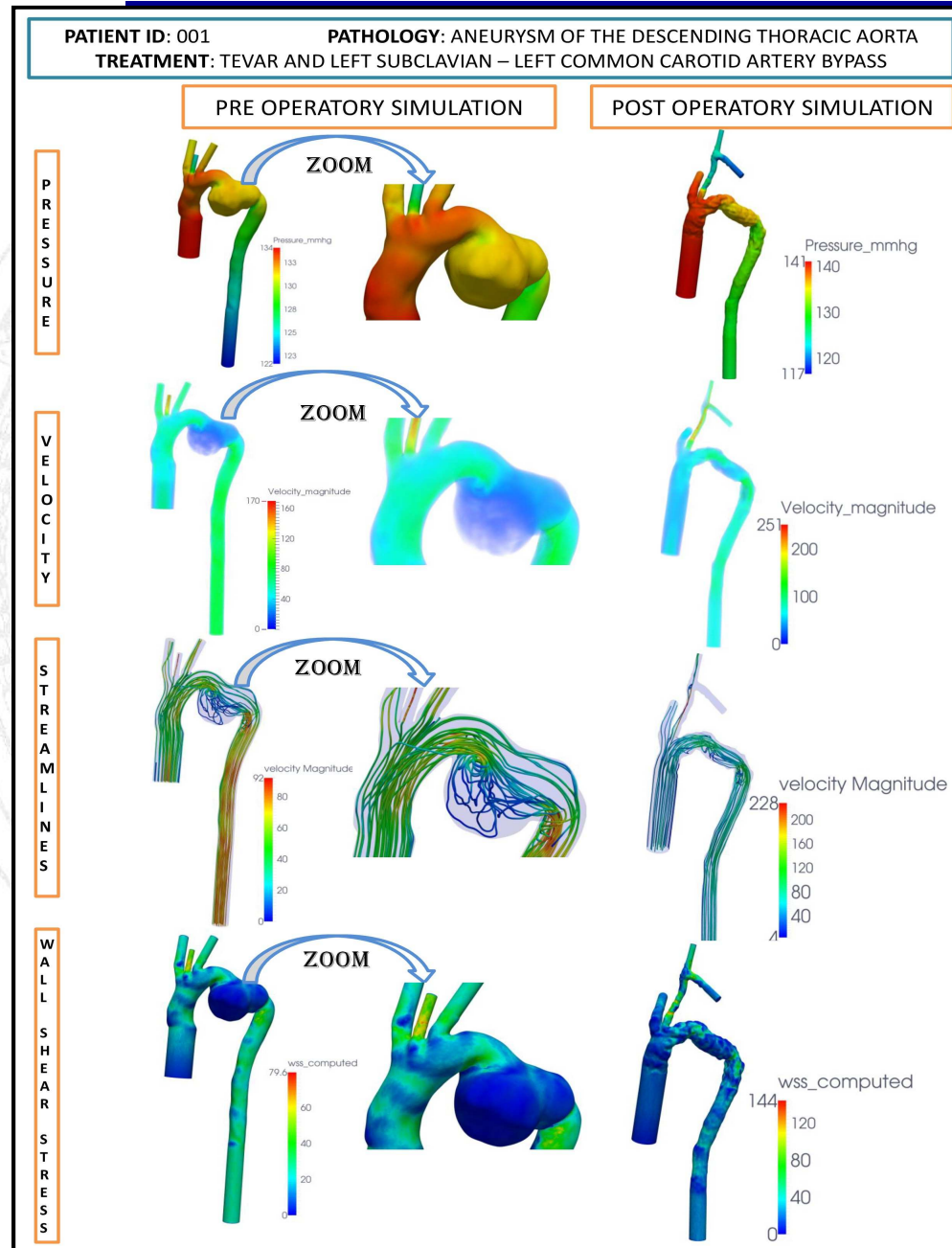


Valori delle impedenze tratte da
Kim et al (2009)

Simulation Summary - Template



Realizzazione pratica sul paziente 001



Pressione e velocità

- Variabili primarie delle equazioni di Navier-Stokes

Streamlines

- Strutture vorticosi entro le sacche aneurismatiche
- Flusso disturbato legato ad alto numero di Reynolds



WSS

- Valutazione del rischio di rottura dell'aneurisma
- Aree ad alto wss in corrispondenza di irregolarità nella parete aortica

► Clinical summary

- Lettura cartelle cliniche ed interazione medico-ingegnere  **Estrapolazione e sintesi di dati clinici**
- Elaborazione di immagini TAC  **Ricostruzione tridimensionale dell'aorta**
- Elaborazione di immagini PC-MRI  **Profili di flusso sanguigno**

► Simulation summary

- Output analisi CFD  **Maggiore conoscenza riguardo patologie aortiche**
- Strumenti di visualizzazione  **Trattamento di moli di dati provenienti da analisi in silico**

► Sviluppi futuri

- Da parametri ingegneristici a fattori di rischio quantitativi di impatto clinico
- Automatizzazione di alcune procedure di gestione di immagini e dati medici

Università degli studi di Pavia

Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione

Corso di laurea in Bioingegneria

Grazie!

Raccolta di dati clinici, elaborazione di immagini TC e PC-MRI e
analisi dei risultati di simulazioni CFD all'interno del progetto
iCardioCloud

Relatore: Prof. **Simone Morganti**

Correlatore: Dott.ssa **Chiara Trentin**

Andrea Passoni

UIN 401471

Anno Accademico: 2014/2015