

Università degli studi di Pavia

Dipartimento di ingegneria industriale e dell'informazione
corso di laurea in Bioingegneria

Dispositivo di assistenza ventricolare sinistro(LVAD) :
review delle applicazione di circolazione assistita e review
dei dispositivi attualmente sul mercato

Candidato : **Pieussi Dodjou Jean Marie**

Relatore : dott **Michele Conti**

Anno accademico 2017/2018

Sistema cardiocircolatorio

➤ Circolazione del sangue

➤ Piccola circolazione

➤ Percorso sangue: cuore \rightleftarrows polmoni

➤ Grande circolazione

➤ Percorso sangue : cuore \rightleftarrows resto del corpo

➤ Parti principali

➤ Vasi sanguigni

➤ Arterie

➤ Vene

➤ Capillari

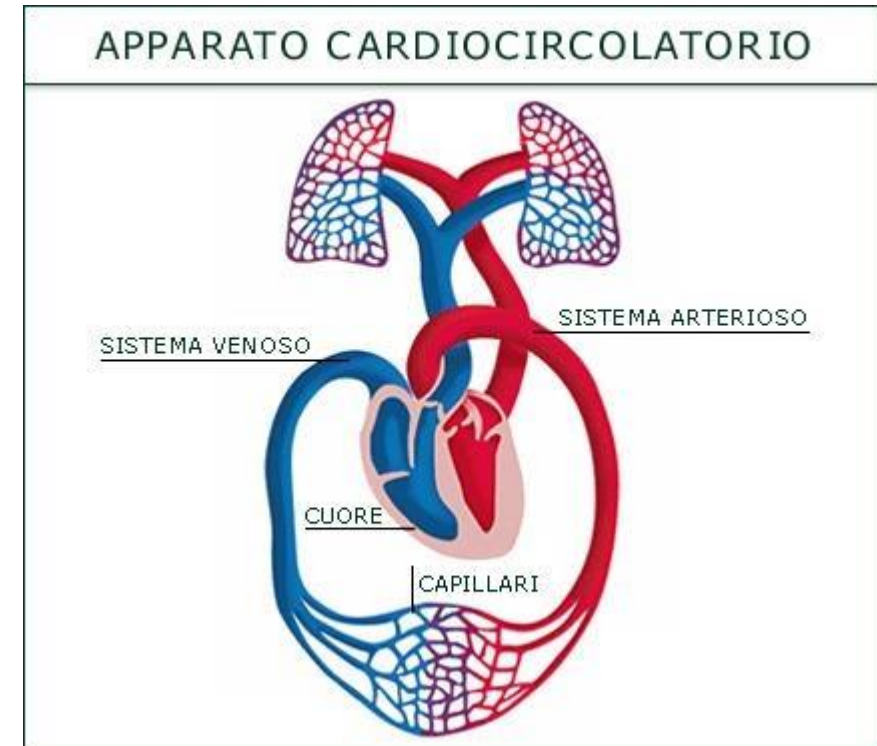
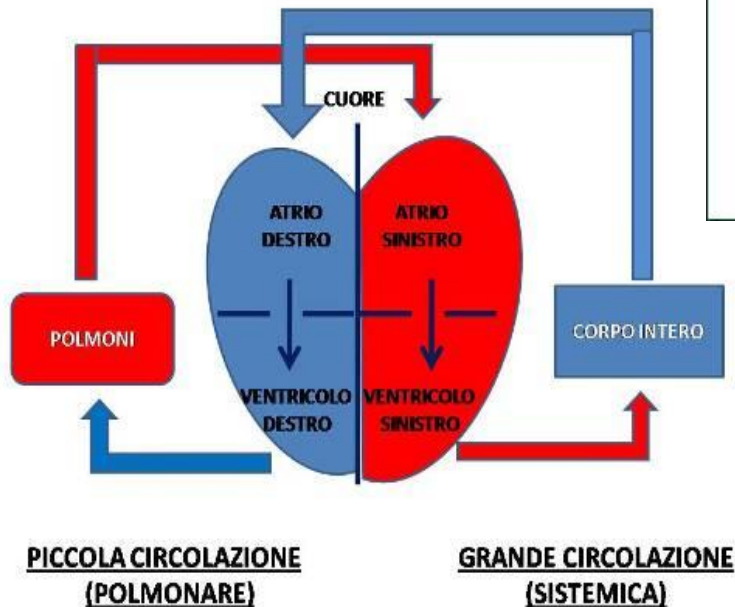
➤ Cuore

➤ Atrio destro

➤ Atrio sinistro

➤ Ventricolo destro

➤ Ventricolo sinistro



Insufficienza cardiaca e supporto circolatorio meccanico(MCS)

➤ Insufficienza cardiaca o scompenso cardiaco

- Definizione
- Condizioni patologiche

➤ Opzioni di trattamento

➤ Terapia medica

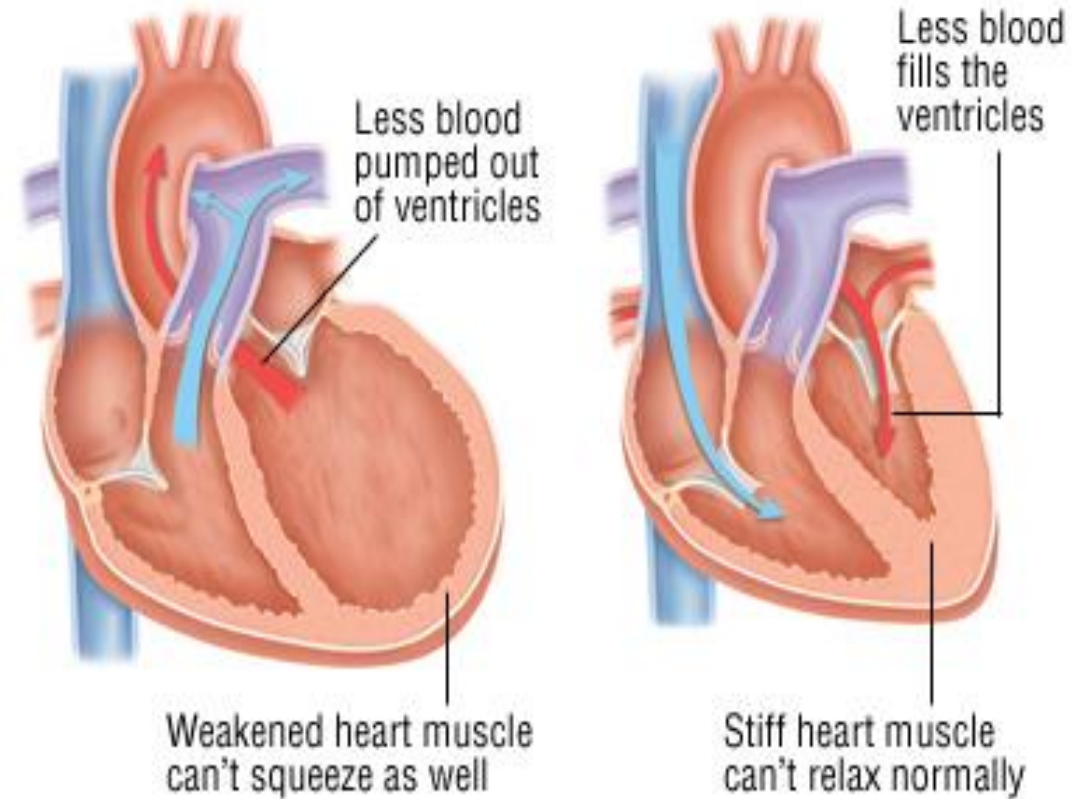
- Somministrazione di farmaci

➤ Terapia chirurgica

- Impianto di bypass coronarici
- Sostituzione o riparazione di valvole cardiache

➤ Supporto circolatorio meccanico

- Cuore artificiale totale (TAH)
- Dispositivo di assistenza ventricolare (vad)



Supporto circolatorio meccanico (MCS)

➤ Definizione

- Sistema che fornisce un supporto circolatorio alternativo di tipo meccanico al cuore insufficiente

➤ Ruolo

- Sostituisce o sostiene un cuore insufficiente

➤ Indicazioni dei MCS

- Ponte al recupero(BTR)
- Ponte alla decisione (BTD)
- Ponte al trapianto(BTT)
- Terapia di destinazione (DT)

➤ Tipi di MCS

- Dispositivo di assistenza ventricolare (VAD)
- Cuore artificiale totale (TAH)

Indicazioni	Definizione
BTR	Da al cuore nativo la possibilità di recuperare la funzione cardiaca
BTD	Aiuta il cuore prima di una decisione circa l'idoneità del paziente al trapianto
BTT	Aiuta il paziente nell'attesa di un donatore
DT	Pazienti non idonei al trapianto ma che necessitano un supporto a lungo termine

Classificazione del supporto circolatorio meccanico

➤ Sede di impianto

- Extracorporea
- Intracorporea

➤ Ventricolo supportato

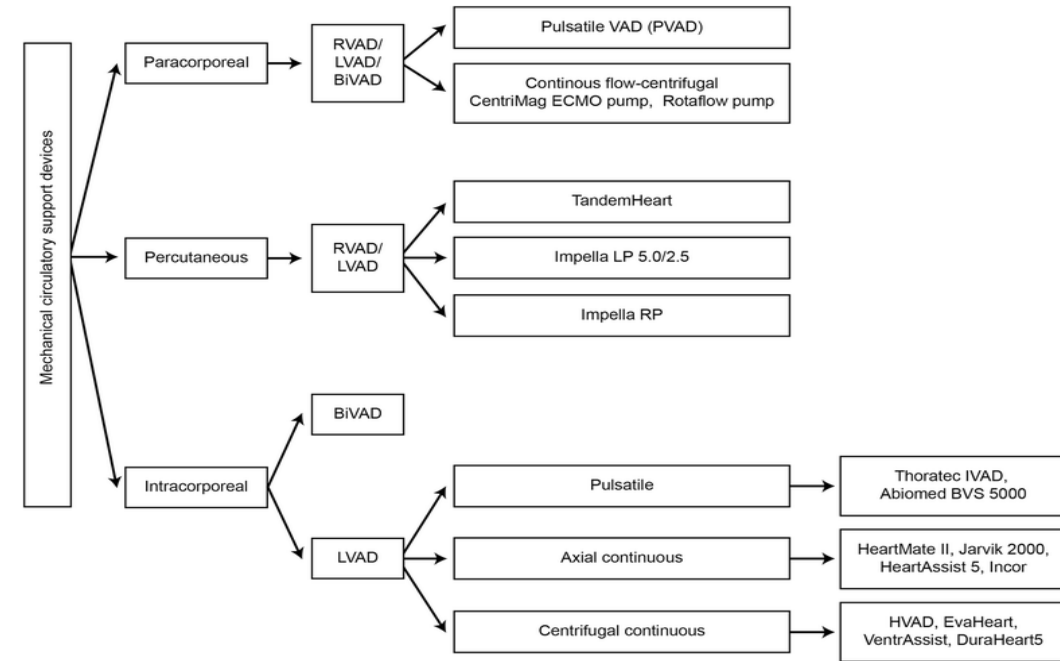
- Dispositivo di assistenza ventricolare sinistra (LVAD)
- Dispositivo di assistenza ventricolare destra (RVAD)
- Dispositivo di assistenza bi-ventricolare (Bi-VAD)

➤ Flusso generato dal dispositivo

- Pulsatile
- Continuo

➤ Durata del supporto

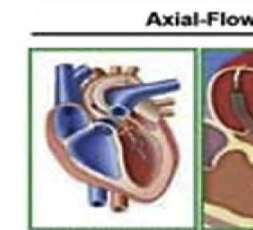
- Temporaneo
- Permanente



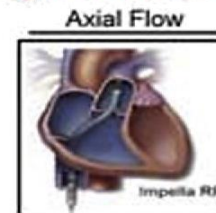
Left Ventricle



Continuous Flow Pumps



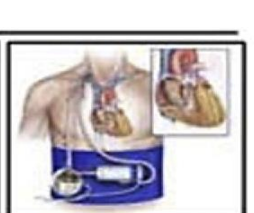
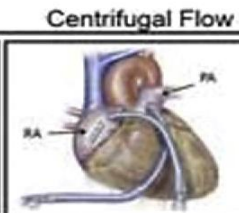
Right Ventricle



Intracorporeal



Extracorporeal



Supporto circolatorio a breve termine

Dispositivo	Tipo di flusso	Durata
IABP	pulsatile	Giorni
Tandem Heart	Centrifugo	Giorni
Impella	Continuo assiale	Giorni
Thoratec pvad	Pulsatile	Settimane
CentriMag	Centrifugo	Settimane
ECMO	Bypass cardiopolmonare (cpb)	Settimane
Abiomed BVS500 Abiomed AB5000	Pulsatile	Settimane

Supporto circolatorio a lungo termine

➤ Vantaggio

- Consente la mobilità del paziente

➤ Durata del supporto

- Circa 4 settimane
- Tempo indeterminato

➤ Finalità terapeutica

- BTR = ponte al recupero
- BTT = ponte al trapianto
- DT = terapia di destinazione

Dispositivo	Flusso generato	Indicazioni
Thoratec Pvad	Pulsatile	BTT ; BTR
Novacor	Pulsatile	BTT ; DT
HeartMate XVE	Pulsatile	BTT ; DT
Abiomed	Pulsatile	BTT
CardioWest	Pulsatile	BTT
Berlin Exor	Pulsatile	BTT
HeartMate 2	Flusso continuo	BTT ; DT
Debarkey	Continuo	BTT ; BTR

Dispositivo di assistenza ventricolare (VAD)

➤ Definizione

- Dispositivo di assistenza circolatoria collegato a uno dei ventricoli di un cuore insufficiente

➤ Obiettivo

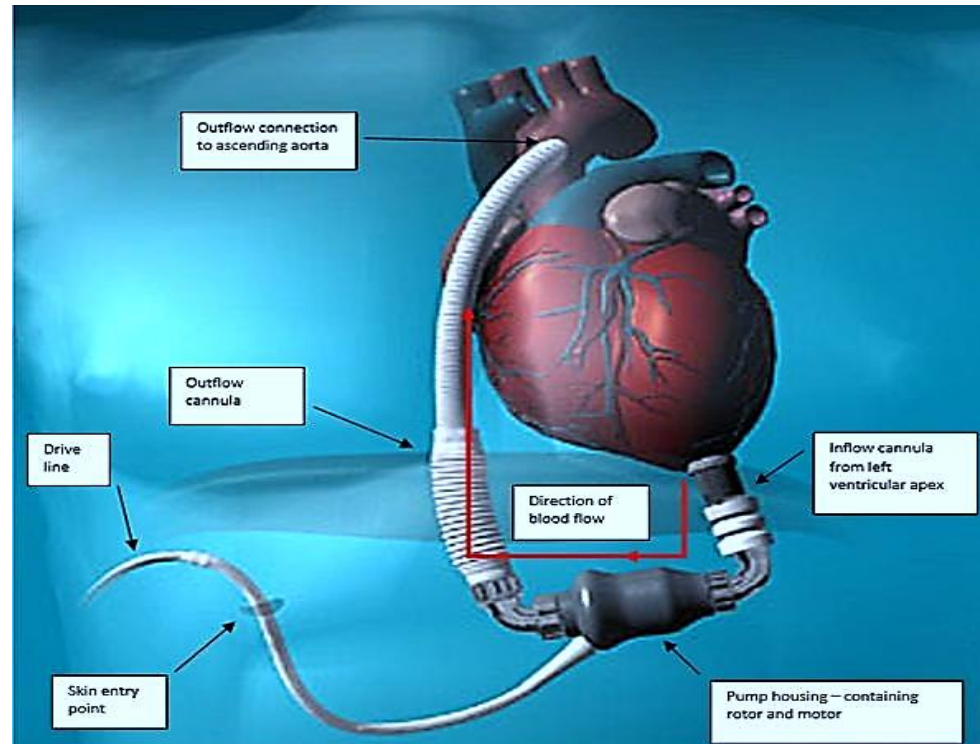
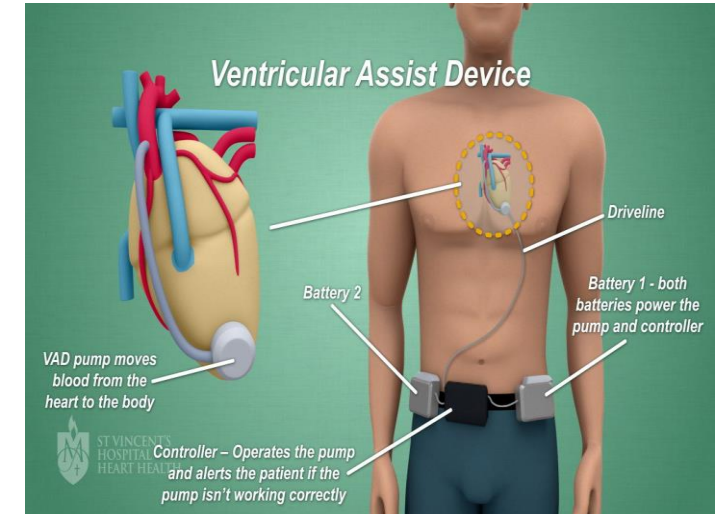
- Sostiene la funzione ventricolare generando un flusso pulsatile o continuo

➤ Destinazione d'uso

- Ponte al trapianto (BTT)
- Terapia di destinazione (DT)

➤ Componenti base

- Cannula di afflusso
- Pompa o ventricolo artificiale
- Cannula di efflusso
- Trasmissione
- Consolle
- Batterie



Classificazione dei VAD

➤ Durata di utilizzo

- Temporaneo
- Permanente

➤ Ventricolo supportato

- Dispositivo di assistenza ventricolare sinistra (LVAD)
- Dispositivo di assistenza ventricolare destra (RVAD)
- Dispositivo di assistenza bi-ventricolare (BI-VAD)

➤ Tipo di flusso generato dal vad

- VAD a flusso pulsatile
- VAD a flusso continuo

Short-term devices



TandemHeart percutaneous ventricular assist device



Bio-Medicus Perfusion System



Abiomed AB5000



HeartMate XVE



Abiomed BVS 5000



Thoratec CentriMag



Thoratec PVAD



Thoratec IVAD

Axial flow devices



DeBakey VAD



Jarvik 2000



HeartMate II



AbioCor implantable replacement heart



CardioWest TAH

Total artificial hearts

Vad a flusso pulsatile

➤ **Caratteristiche**

- Dispositivi di prima generazione
- Generano un flusso vicino a quello fisiologico
- Sono rumorosi
- Dispositivo con camera ventricolare
- Dispositivo con valvole artificiali
- Dispositivi di grande dimensione

➤ **Parametri-chiave**

- **Portata della pompa**
 - Quanto velocemente sta pompando il vad (m^3/s)
 - Indotta a una velocità fissa o regolata automaticamente
- **Flusso dal dispositivo**
 - Quantità di sangue espulso dal VAD
 - Misurato in litri al minuto
 - Dipende dalla portata della pompa

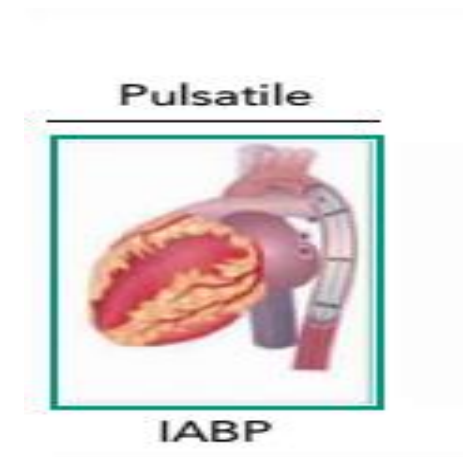
➤ **Esempio**

- Pompa a palloncino intra-aortico
- AbioMED AB5000

➤ **Abiomed Ab5000**



➤ **Pompa a palloncino intra-aortico**



VAD a flusso non pulsatile

➤ Caratteristiche

- Dispositivi di seconda o terza generazione
- Flusso continuo assiale o centrifugo
- Dispositivi silenziosi
- Assenza di camera ventricolare
- Assenza di valvole artificiali
- Piccola dimensione

➤ Parametri-chiave

➤ Velocità della pompa

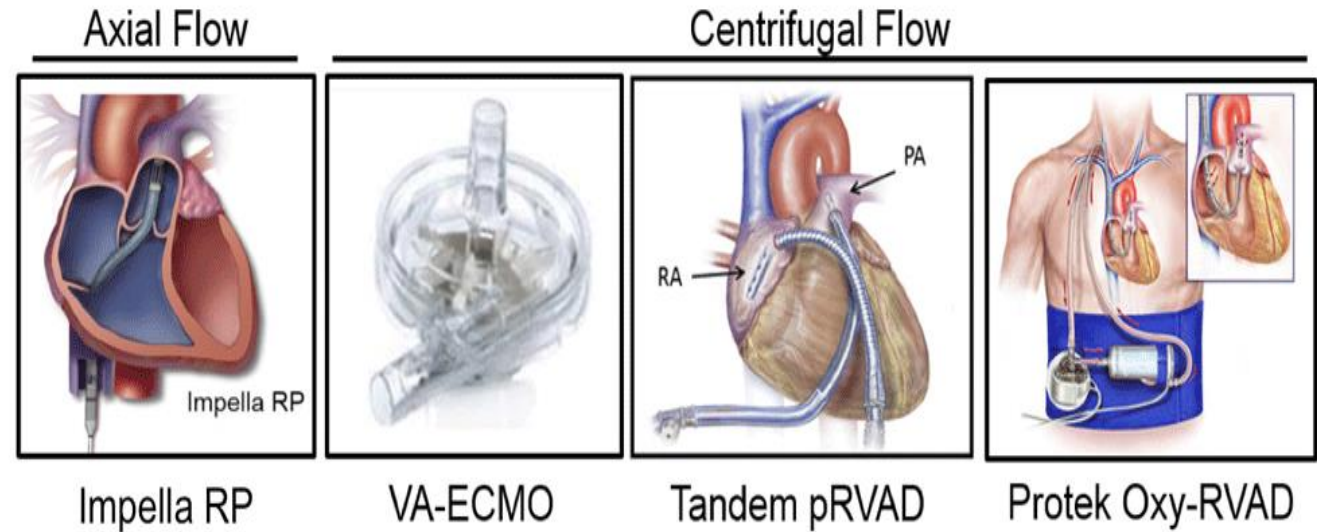
- Quanto velocemente ruota la girante della pompa
- Misurata in giri al minuto
- Impostata e determinata dal team clinico del VAD

➤ Flusso di sangue dal dispositivo

- Misurato in litri al minuto
- Correlato alla velocità della pompa

➤ Indice di pulsatilità (pi)

- Misura della differenza di pressione all'interno della pompa durante il ciclo cardiaco del cuore nativo
- Indica lo stato del volume e la contrattilità del cuore



Evoluzione del vad dalla prima alla terza generazione

➤ Prima generazione

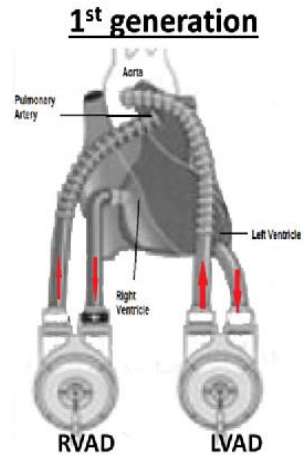
- Extracorporeo
- Pompe a flusso pulsatile
- Grande dimensione
- Più pesante

➤ Seconda generazione

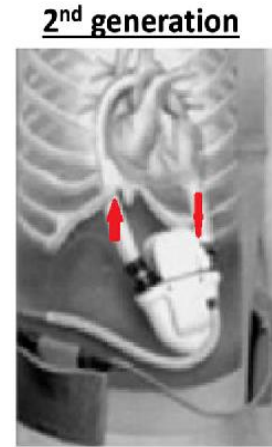
- Dispositivo impiantabile
- Pompa a flusso continuo
- Dimensioni ridotte
- Peso ridotto

➤ Terza generazione

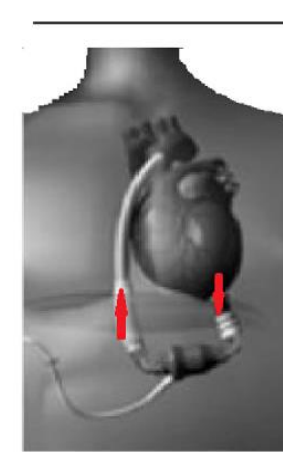
- Impiantabili
- Flusso continuo
- Piccola dimensione
- Più leggeri



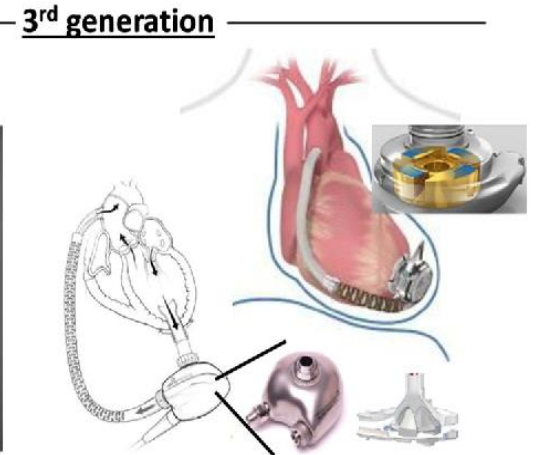
- Extracorporeal
- Pneumatic
- Pulsatile
- Uni- or Biventricular
- Large control console



- Implantable
- Electric
- Pulsatile
- Multiple moving parts
- Large (>500g)



- Implantable
- Electric
- Continuous flow
- Single moving part
- Smaller
- Axial design



- Implantable
- hydrodynamic/electromagnetic
- Continuous flow
- Bearingless
- Smaller
- Centrifugal design

VADs under development or clinical evaluation (examples)

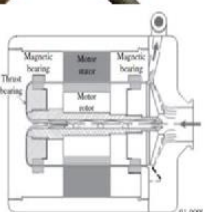
- miniaturized (size of AA battery)
- minimal invasive implantation
- pulsatile flow & physiologic control
- magnetically-levitated
- Textured Blood-Contacting Surfaces



Heartmate III® Synergy® Micro-Pump



Magnevad II®



MiTi Heart®

Dispositivo di assistenza ventricolare sinistra (LVAD)

➤ Definizione

- Dispositivo assistenza circolatoria per il trattamento dell'insufficienza cardiaca allo stadio terminale

➤ Funzione

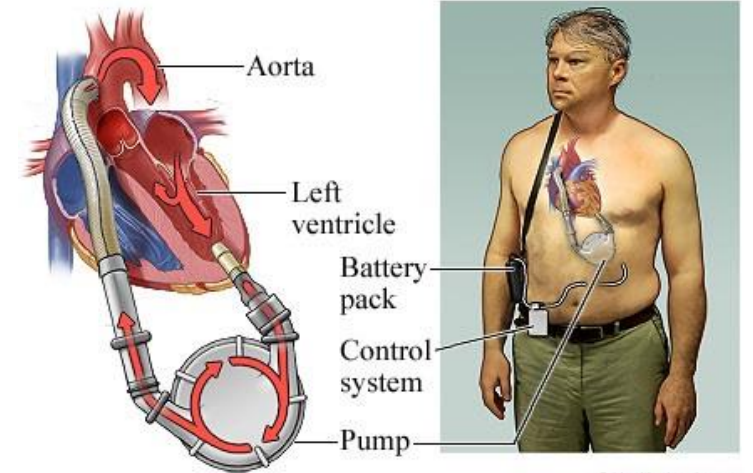
- Aiuta il ventricolo sinistro a pompare il sangue al resto del corpo
- Migliora la capacità del muscolo cardiaco

➤ Finalità terapeutica

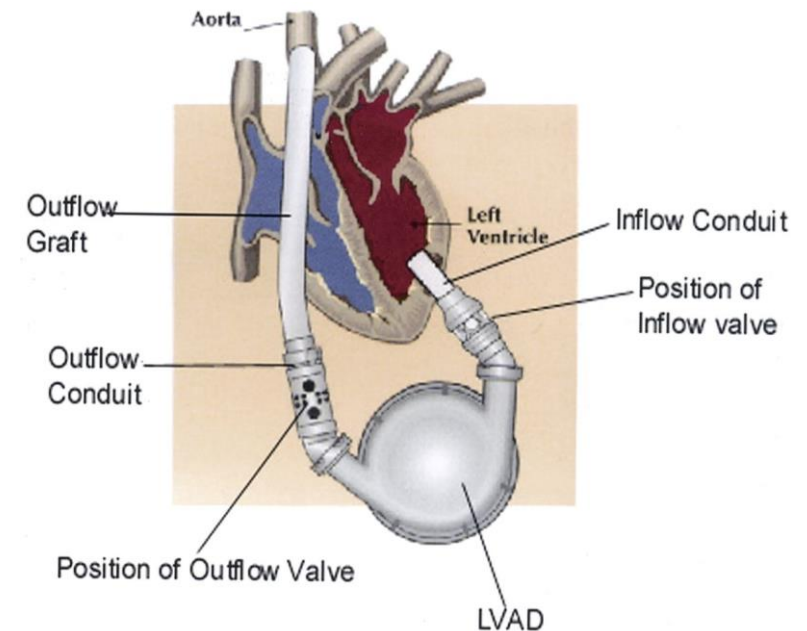
- Ponte al trapianto (BTT)
- Terapia di destinazione (DT)

➤ Esempi

- HeartMate I
- HeartMate II
- HeartWear
- Javrik 2000



© Healthwise, Incorpo



HeartMate II Left Ventricular Assist System (LVAS)

➤ Caratteristiche

- Dispositivo intracorporeo
- Flusso continuo
- Elettricamente alimentato
- Carico domestico

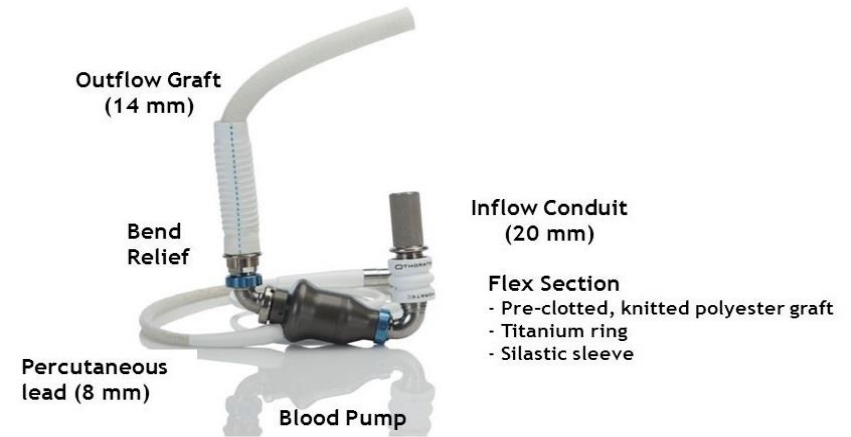
➤ Vantaggi del dispositivo

- Silenzioso
- Piccola taglia
- Ottimizza il flusso sanguigno
- Migliora il confort del paziente
- Facilità di impianto chirurgico
- Basso rischio di trombosi

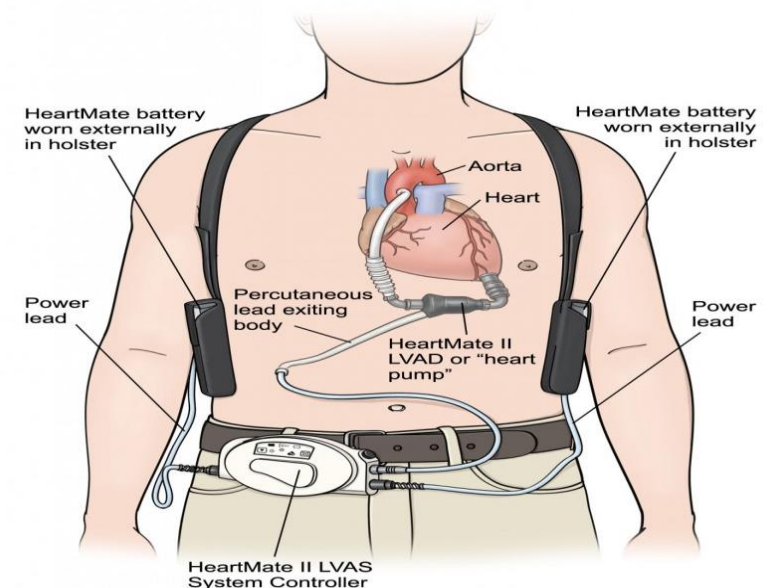
➤ Indicazioni

- Ponte al trapianto (BTT)
- Terapia di destinazione (DT)

HM II Pump External View




THORATEC
CORPORATION



Complicazioni nei pazienti supportati dal LVAD

➤ **Complicazioni dovute all'impianto del LVAD**

- Complicanze neurologiche
- Disfunzioni renali
- Infezioni
- Sanguinamento gastrointestinale

➤ **Come studiare l'impatto dell'impianto del LVAD sull'emodinamica aortica ?**

➤ **Mediante analisi del flusso sperimentale**

- Velocimetria delle immagini a particelle (PIV)
 - stimare il flusso in ciascun ramo dell'aorta addominale
- Ecocardiografia
 - Misurare e Confrontare le distribuzioni di flusso in ciascun ramo di un modello fantoccio dell'aorta addominale

➤ **Mediante analisi del flusso computazionale**

- Per stimare la distribuzione dello stress di taglio (wss)



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Medical Engineering and Physics

journal homepage: www.elsevier.com/locate/medengphy

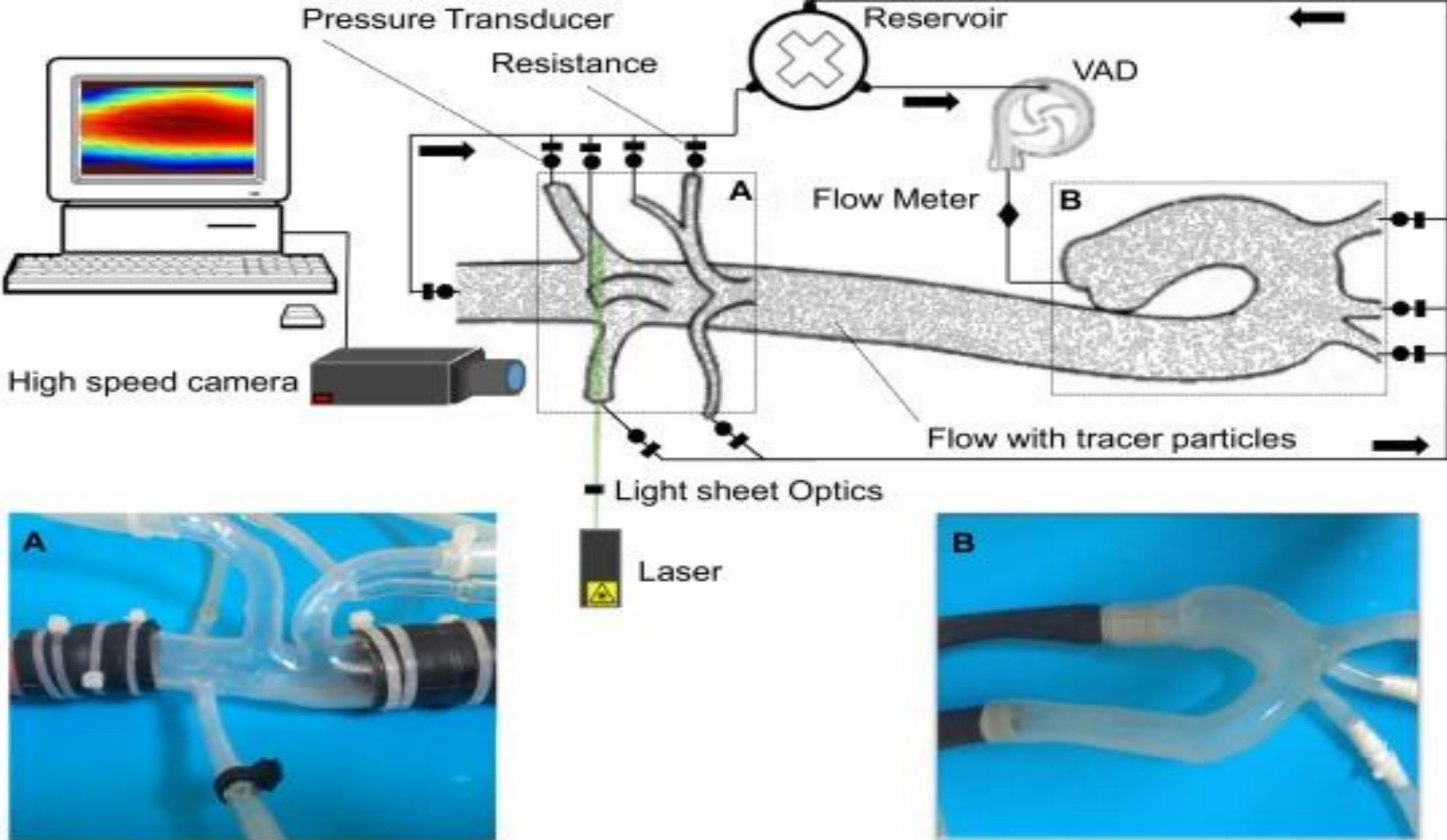


Particle image velocimetry study of the celiac trunk hemodynamic induced by continuous-flow left ventricular assist device



Francesco Scardulla^{a,*}, Diego Bellavia^b, Leonardo D'Acquisto^a, Giuseppe M Raffa^b, Salvatore Pasta^{b,c}

Materiali e metodi



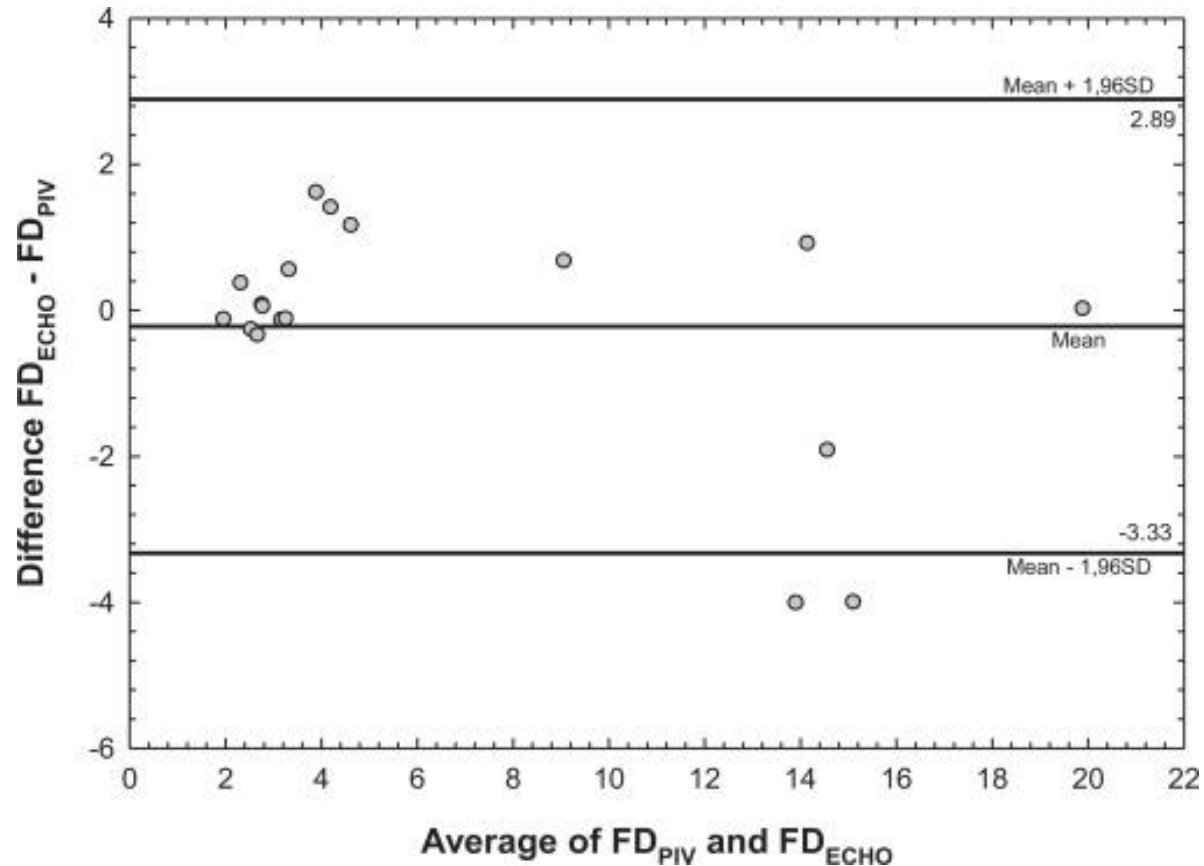
Risultati

Flusso L/min	LGA	CHA	SA	MA	RRA	LRA
CO = 4.0	2.0 (1.9)	2.1 (2.5)	15.9 (11.9)	17.1 (13.1)	2.8 (2.5)	2.7 (2.8)
CO= 5.0	2.7 (2.8)	3.2 (3.1)	8.7 (9.4)	13.6 (14.6)	3.3 (3.2)	2.6 (2.4)
CO= 6.0	3.0 (3.6)	4.0 (5.2)	15.5 (13.6)	19.8 (19.9)	3.5 (4.9)	3.0 (4.7)

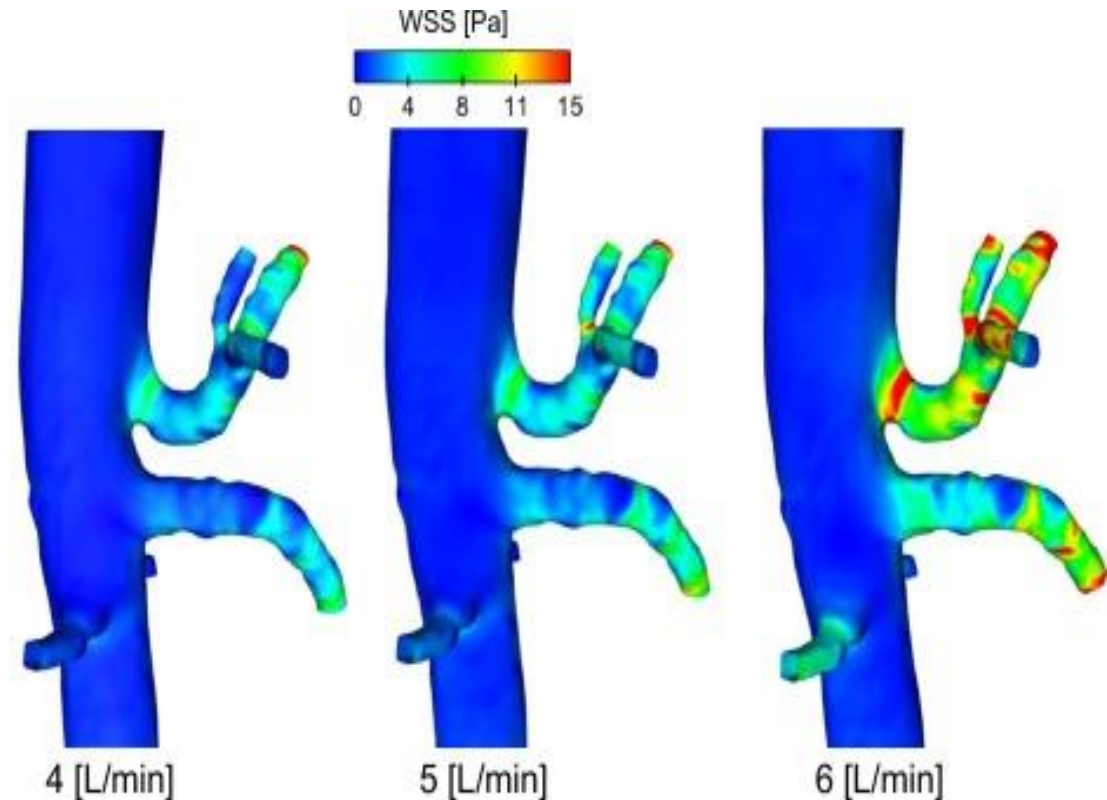
- CO = Gittata cardiaca
- LGA = Arteria gastrica sinistra
- CHA = Arteria epatica comune
- SA = Arteria splenica
- RRA = Arteria renale destra
- MA = Arteria mesenterica
- LRA = Arteria renale sinistra

Risultati

Diagramma di Bland-Altman



Analisi computazionale dello stress di taglio (WSS) nel tronco celiaco



Conclusioni e sviluppi futuri

➤ Conclusioni

- Il VAD è un pompa elettromeccanica per l'assistenza alla circolazione cardiaca
- Il VAD aiuta il ventricolo destro (RVAD), il ventricolo sinistro (LVAD), entrambi i ventricoli (BiVAD)
- LVAD è la terapia standard per i pazienti con insufficienza cardiaca allo stadio terminale
- Il sanguinamento gastrointestinale è una delle complicanze più comuni
- L'impianto del LVAD può avere un notevole impatto sull'emodinamica aortica
 - Due tecniche per studiarlo
 - Analisi del flusso sperimentale
 - Analisi del flusso computazionale

➤ Svilluppi futuri

- Sebbene gli esiti dopo l'impianto di LVAD siano migliorati negli anni la comprensione delle alterazioni emodinamiche indotte dal LVAD nell'aorta, specialmente se il supporto è fornito da una pompa a flusso continuo, deve essere chiarita mediante studi bioingegneristici.

Grazie per l'attenzione