

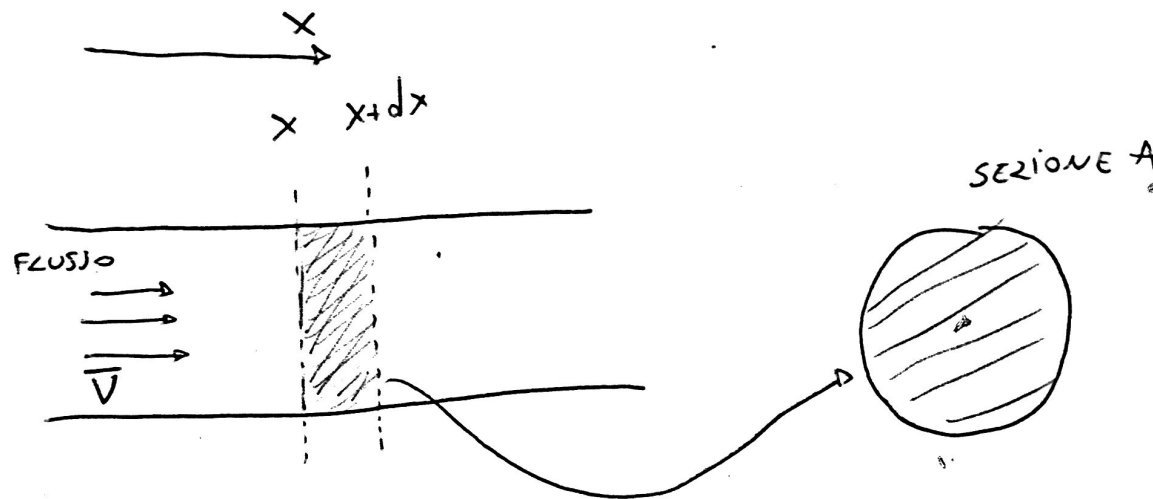
# Misura della portata cardiaca tramite termodiluizione

esempio di metodo indiretto

# Misura di portata cardiaca

- Portata: quantità di fluido che attraversa una determinata sezione nell'unità di tempo.
- Portata volumetrica [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] o [ $\text{l}/\text{min}$ ], data da  $A \cdot v$  dove  $v$  è componente di velocità del fluido perpendicolare alla sezione  $A$ .
- Portata sanguigna è un parametro ematico di fondamentale interesse biomedico (tipicamente viene rilevata durante la terapia intensiva)
- Bassa portata media
  - bassa pressione, bassa ossigenazione tessuti (possibili necrosi), shock, insufficienza renale....

# Misura di portata cardiaca



$$v \cdot A = A \cdot \frac{dx}{dt} = \frac{A dx}{dt} = \frac{dV}{dt}$$

Valori tipici portata media 4-9 L/min  
(Vol. cuore 70-100ml X 60-90 Battiti/minuto)

# Misura di portata cardiaca

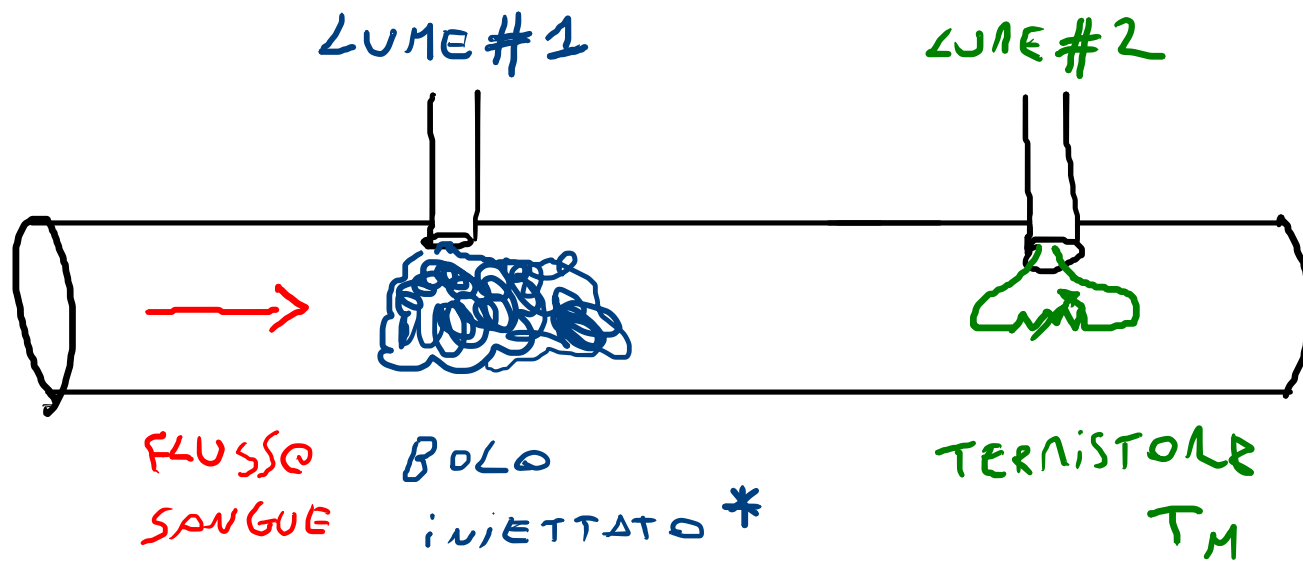
- Metodi diretti o indiretti
  - Diretti: conoscenza della velocità istantanea del flusso in un punto del vaso e integrazione sulla sezione sapendo il profilo di flusso
    - Flussimetri elettromagnetici o velocimetri
  - Indiretti: misurano la portata mediata su un certo periodo di tempo.
    - Basati sulla diluizione del tracciante.

# Termodiluizione

- Iniezione di un bolo freddo di fluido nel sangue attraverso un lume del catetere strumentato (viene utilizzato destrosio,  $\Delta T < 0$  per motivi medici)
- Andando a misurare la temperatura della mistura sangue/fluido si risale all'entità della diluizione del fluido che è legata alla portata sanguigna
  - Maggiore la portata, maggiore la diluizione, maggiore la velocità con cui la temperatura della mistura tenderà a quella sanguigna
- La temperatura è misurata tramite un **termistore**
- Ipotesi: il fluido immesso non varia la portata in modo significativo e che tra monte (dove inietto il fluido) e valle (dove misuro la temperatura) non ci sia perdita di calore

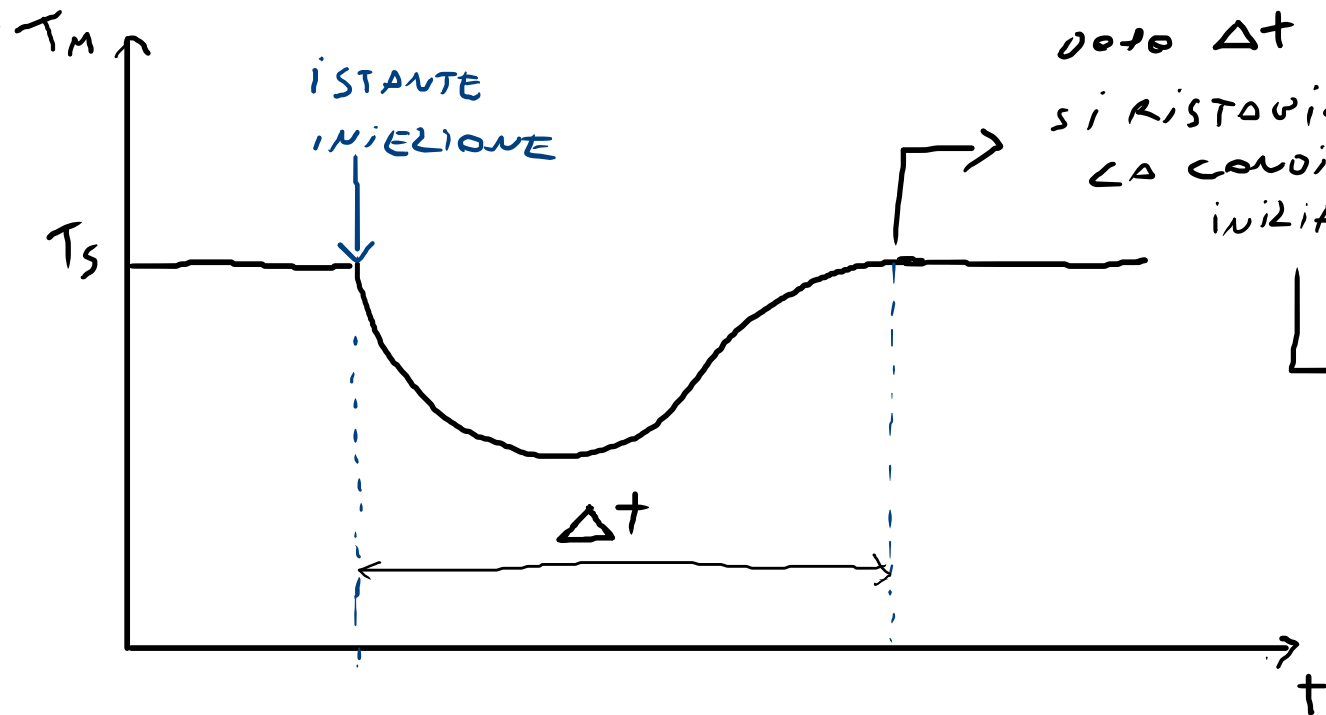
# Termodiluzione

Si misura la temperatura della mistura sangue / bolo a una certa distanza a valle del punto di iniezione



\*  $\Delta V_b \rightarrow$  VOLUME BOLO  
 $\Delta T_b = T_b - T_s < 0$   
           $\downarrow$                    $\downarrow$   
          T<sub>BOLO</sub>                  T<sub>SANGUE</sub>

# Termodiluzione



dopo  $\Delta t$   
si RISTABILISCE  
LA CONDIZIONE  $\rightarrow T_M = T_S$   
INIZIALE

SISTEMA "A PERTE"  
i PULSONI FANNO  
DA SCOMPARTORI DI  
CALORE

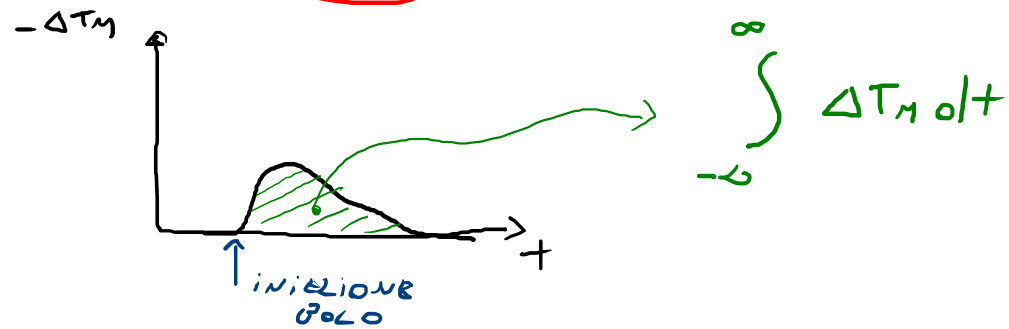
# Termodiluizione

- Parametri
  - $m_b, \rho_b, c_b, T_b$  massa, densità, calore specifico e temperatura del bolo freddo
  - $m_s, \rho_s, c_s, T_s$  massa, densità, calore specifico e temperature del sangue
  - Il calore specifico di una sostanza è definito come la quantità di calore necessaria per innalzare la temperatura di una unità di massa di 1 K ( [joule / (Kg K)] )
- Bilancio energetico: tutta la quantità di calore immessa dall'iniezione del bolo viene assorbita dal sangue
- Suppongo che le caratteristiche ( $\rho_s, c_s, T_s$ ) del sangue non varino nel tempo



# Termodiluzione

$$\Delta T_b = T_b - T_s \quad \Delta T_M = \underline{T_M} - \bar{T}_s \quad \text{MISURANDO}$$



$$\int_{-\infty}^{\infty} \Delta T_M Q \rho_s c_s dt = \Delta T_b \overbrace{\Delta V_b \rho_b c_b}^{m_b}$$

CALORE "ASSORBITO"
CALORE "INIEITATO"

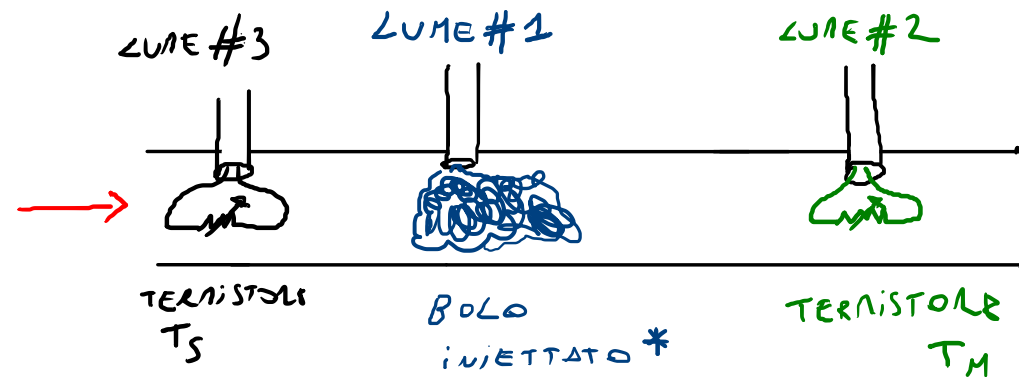
# Termodiluzione

$$Q = \frac{\Delta T_b m_b c_b}{f_s c_s \int_{-\infty}^{\infty} \Delta T_M dt}$$

$f_s, c_s$   
 COSTANTI

AREA SOTTESA  
 $\Delta T_M$

Determinazione di  $T_s$ : Misurata prima dell'iniezione o tramite un sensore posto a monte dell'iniezione del bolo.

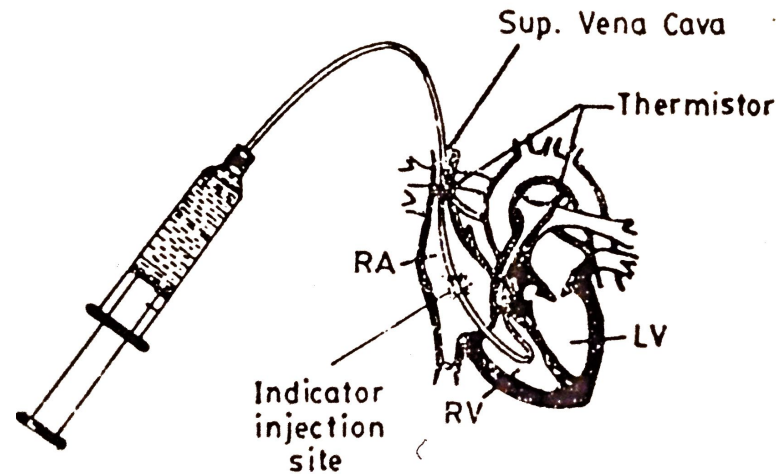


# Termodiluizione

- $T_m$  misurata dal termistore utilizzata per ricavare la curva di **diluizione** ovvero  $\Delta T_m = T_m(t) - T_s$
- Nota: minore l'area della curva di diluizione, maggiore la portata media (conferma quanto visto all'inizio)
- Scelta del sensore di temperatura
  - Necessità di un'elevata sensibilità perché le variazioni di temperatura da rilevare sono molto piccole ( $\Delta T_m$  piccolo)
- Termistori NTC: alta sensibilità a discapito di una forte non linearità
  - possiamo tranquillamente linearizzare visto che la temperatura del sangue ha piccole fluttuazioni attorno ad un valore costante (**come valutare l'errore dovuto alla linearizzazione??**)

# Termodiluizione

La curva di temperatura viene di solito rilevata tramite catetere strumentato (e.g. catetere a 3 lumi di Swann-Ganzz)



- Catetere inserito da vena cava in atrio DX, ventricolo DX, arteria polmonare
- iniezione del destrosio in atrio DX
- due termistori uno in vena cava ( $T_s$ , non risente dell'iniezione del bolo) e l'altro in arteria polmonare (misura  $T_m$ )

# Termodiluizione

- Si tenta di iniettare il bolo in fase di diastole (il cuore si riempie prima della sistole) per sfruttare la fase sistolica (contrazione)
  - sistema di sincronizzazione tramite rilevazione ECG
- Problemi
  - scambi di calore con l'esterno tramite il catetere
  - fluttuazioni della temperatura del sangue
    - compensati con l'utilizzo dei due termistori
  - disomogeneità nell'iniezione del destrosio

# Termodiluizione

- Tecnica alternativa: termodiluizione attraverso riscaldamento attivo utilizzando un riscaldatore nella punta del catetere
- Viene riscaldato il sangue e misurata la temperatura dopo un certo tempo
- Maggiore la velocità con cui il sangue torna alla temperatura iniziale maggiore la portata

