

# STUDIO SPERIMENTALE DI UN MODELLO DA LABORATORIO DI UN VENTRICOLO UMANO

**Stefania Fortini, Marco Marchetti, Antonio Cenedese**

*Dipartimento di Idraulica Trasporti e Strade, Università degli studi di Roma "La Sapienza" – Roma (IT)  
e-mail: stefania.fortini@uniroma1.it, marco.marchetti@uniroma1.it, antonio.cenedese@uniroma1.it*

**Giorgio Querzoli**

*Dipartimento di Meccanica e Aeronautica, Università degli studi di Roma "La Sapienza" – Roma (IT)  
e-mail: querzoli@uniroma1.it*

**Parole chiave:** Emodinamica, *Particle Tracking*, Turbolenza, Dinamica dei vortici

Sono diversi i motivi che, in questi ultimi anni, hanno stimolato l'interesse allo studio del flusso sanguigno all'interno del ventricolo sinistro umano. Innanzitutto bisogna considerare che il ventricolo sinistro svolge la funzione fondamentale di pompare il sangue, attraverso il sistema circolatorio, in tutto il corpo. In tale contesto si inserisce in particolare lo studio dei problemi relativi all'innesto di valvole cardiache artificiali, volto sia ad un miglioramento dei parametri fisiologici che allo sviluppo di tecniche efficienti nel campo della diagnostica, dato che fino ad oggi, le indagini effettuate in vivo con dispositivi ecocardiografici e con Echo Doppler producono risultati insufficienti dal punto di vista della risoluzione spaziale e temporale. L'importanza dello studio del flusso intraventricolare consiste nel permettere una valutazione delle potenzialità di eventuali danni alle cellule sanguigne a seguito di sollecitazioni troppo intense generate da elevati livelli di turbolenza. L'uso di nuove metodologie sperimentali comporta tecniche di misura molto accurate anche se su realizzazioni solo schematiche del fenomeno reale. Per approfondire lo studio sperimentale del flusso intraventricolare è stato messo a punto un modello di ventricolo sinistro che abbia le caratteristiche di permettere l'accesso ottico al flusso interno e di riprodurre fedelmente la variazione temporale del volume ventricolare. Su tale modello sono state realizzate serie di misure utilizzando una tecnica di misura basata sull'analisi di immagine, il Feature Tracking, che consente l'inseguimento di particelle di tracciante disperse nel fluido. Poiché le particelle sono distribuite uniformemente nel fluido, si ottiene una descrizione spaziale del campo di velocità nell'intero ventricolo. In questo modo è possibile identificare la presenza delle strutture vorticoso coerenti che si generano durante il ciclo cardiaco. Le riprese sono state effettuate mediante una telecamera veloce in modo che la risoluzione temporale sia sufficiente a seguire l'evoluzione del flusso e delle strutture che lo caratterizzano. Le successive elaborazioni dei filmati acquisiti hanno permesso di risalire alle velocità medie del flusso, alla vorticità e ai valori massimi degli sforzi di taglio.

Le prove effettuate, caratterizzate da diversi periodi del ciclo e diversi volumi pompanti, hanno permesso di stabilire gli effetti che i parametri di controllo hanno sul flusso e sulle strutture che lo caratterizzano. L'analisi dei campi di velocità e vorticità ha mostrato che, ad ogni onda diastolica, si genera un anello vorticoso il quale, sul piano di misura, lascia come tracce due picchi di vorticità. Questi si muovono dall'orifizio mitralico verso l'apice del ventricolo. Un picco in prossimità della parete tende a scomparire a causa della viscosità, mentre l'altro si allarga fino ad occupare l'intera zona apicale. Inoltre sono stati calcolati gli sforzi di taglio massimi, perché legati alla possibilità di danneggiamento delle cellule sanguigne, e si sono individuati gli istanti del ciclo cardiaco in cui essi raggiungono i valori più elevati. Infine è stata analizzata la variabilità del fenomeno attraverso la misura dell'energia cinetica turbolenta. Da queste indagini è emerso che il picco di vorticità di sinistra dopo aver raggiunto la parete del ventricolo in prossimità dell'apice, diventa instabile determinando la transizione alla turbolenza in un'ampia zona.