

SIMULACIÓN DE FLUIDOS PARA ANÁLISIS DE HEMODINÁMICA

ABSTRACT

Las enfermedades cardiovasculares, y específicamente las patologías de la aorta (aneurismas, disecciones) y las cardiopatías congénitas, representan un desafío clínico mayor. Las técnicas de imagen actuales (TAC, RM) ofrecen una excelente visualización anatómica estática, pero a menudo son insuficientes para predecir eventos catastróficos o planificar intervenciones complejas, ya que ignoran las fuerzas hemodinámicas que actúan sobre el tejido.

Nuestra línea de investigación se centra en la **caracterización geométrica avanzada y la simulación hemodinámica (CFD)** para el diagnóstico de precisión. Recientemente, el grupo ha desarrollado nuevos algoritmos de modelado de formas (*Statistical Shape Models*) que permiten reconstruir la anatomía de grandes vasos con una robustez matemática sin precedentes (Romero et al., *App. Math. Model* 2024). Esta tecnología es crítica para superar la principal barrera de la simulación clínica: la variabilidad anatómica entre pacientes.

Sobre estos modelos geométricos de alta fidelidad, aplicamos técnicas de **Dinámica de Fluidos Computacional** para calcular biomarcadores invisibles a la imagen convencional, como la Tensión de Cizallamiento en la Pared (*Wall Shear Stress*) o índices de oscilación (*OSI*). Estos parámetros han demostrado ser predictores tempranos de remodelado patológico en enfermedades sindrómicas (como Marfan) y en pacientes pediátricos.

El objetivo actual es trasladar estos modelos *in silico* a la práctica clínica para personalizar el tratamiento quirúrgico. En el ámbito pediátrico, donde las prótesis estándar fallan debido al crecimiento del niño y la anatomía única de cada defecto congénito, nuestros modelos permiten "operar virtualmente" al paciente, prediciendo cómo se adaptará el flujo sanguíneo a diferentes técnicas reconstructivas. Esto reduce la incertidumbre quirúrgica, minimiza la invasividad y democratiza el acceso a diagnósticos complejos, eliminando sesgos poblacionales al basarse estrictamente en la física y anatomía de cada individuo.