



İlk Türk Eksenel Akışlı Sol Ventrikül Destek Pompasının (SVDP) Parçacık Hızı Görüntüleme (PHG) Tekniğiyle Performans Testleri

Performance tests of the first Turkish Axial-Flow Left Ventricular Assist Device (LVAD) using Particle Image Velocimetry (PIV)

S. Dadgar¹, S.Özharar², İ.B. Aka¹, M.E. Sezer, A.K. Kadipaşaoğlu

¹ Biyomedikal Mühendisliği Bölümü
Bahçeşehir Üniversitesi

sina.dadgar1990@gmail.com * basaraka@gmail.com * kamuran.kadipasaoglu@gmail.com * erol.sezer@bahcesehir.edu.tr

² Fizik Departmanı
Bahçeşehir Üniversitesi
sarper.ozharar@gmail.com

Özetçe

Bu makalede, son dönem kalp yetmezliğinde kullanılmak üzere tasarlanan bir mekanik dolaşım destek pompasının hemodinamik performansının Parçacık Hızı Görüntüleme (PHG) tekniği kullanarak ölçülmesi tarif edilmektedir. Türkiye'nin ilk eksenel akışlı sol ventrikül destek pompası olarak tasarlanan bu cihazın sanal prototipi ve sanal performans testleri daha önceki çalışmalarda bilgisayar ortamında yürütülmüş ve sonlandırılmıştır. Bu aşamada amaç, pompa kanatları içinden geçen sıvının hemodinamik özelliklerini fiziki ortamda araştırmak ve fiziki bulgularla sanal bulguları karşılaştırıp tasarımı en-iyileştirici iterasyonlar yapmak, buradan pompanın hemokompatibilitesi hakkında çıkarımlarda bulunmaktır.

Abstract

This paper is about Particle Image Velocimetry (PIV) hemodynamic performance tests of a mechanical circulatory support system to be used in advanced heart failure. Virtual design and virtual performance tests of first Turkish Axial-Flow Left Ventricular Assist Device is already conducted and finalized in computers during previous studies. In physical stage, the goal is to study the hemodynamics of the fluid travelling through the pump and to compare the physical and virtual results in order to optimize by iteration.

1. GİRİŞ

Kalp yetmezliğinde kalp geçici veya kalıcı olarak yapması gereken pompa fonksiyonunu yapmaktan aciz kalır ve metabolizmanın gerektiği oksijeni dokulara iletmez.¹ Bu durumda SVDPler kan dolaşımı için mekanik destek

sağlayarak hemodinamik iflas halindeki kalbe yardım için kullanılırlar. Sürekli akış sağlayan eksenel akışlı SVDPler üç kısımdan oluşur. Pompanın girişinde akışı düzleştiren bir indüktör, akışkana kinetik enerji veren bir rotor, ve pompanın çıkışında roturun ürettiği kinetik enerjiyi potansiyel enerjiye çeviren bir difüzör. Bu çalışmada, sanal tasarımı ve sanal performans testleri 2009 dan beri yürütülen pompanın² fiziki performans testleri Parçacık Hızı Görüntüleme (PHG) tekniği kullanılarak incelenmiştir. SVDP'nin içerisinde oluşan akış alanları nitelendirilmiş, olası geri akış, durgunluk, ve girdap bölgeleri belirlenmiştir.

PHG yüksek hızlı fotoğrafıma metodu ile akış görüntülemek ve akışkanların hız profilini değerlendirmek için kullanılan bir tekniktir. Bu teknikte, yüksek güçlü bir ışık kaynağının darbeleri (pulse) belirli bir zaman dilimi içerisinde ilgili düzlemi aydınlatırken akışkanın içerisinde bulunan ışık yansıtıcı parçacıkların lokasyonları ışık kaynağıyla senkronize edilen yüksek çözünürlüklü bir hızlı kamerayla görüntülenir. Ardışık görüntülerin zamansal ayrımları belli olduğu için parçacıkların hız vektörleri ardışık çerçevelerde bilgisayar yazılımlarıyla hesaplanır.³

2. MATERYAL ve YÖNTEM

İlk aşamada, cihazın İndüktör, Rotor, ve Difüzör kısımları, önceki çalışmalarda eniyileştirilen sanal tasarıma uygun olarak titanyumdan imal edilmiştir. Sıvı geçiş alanlarının dışarıdan görüntülenebilmesi için, cihazın gövdesi şeffaf akrilikten dökülmüş, ve elektromanyetik motor mıknatıs ve sarımları görüş çizgisinden kaldırılmıştır. Pompayı gereken hızda döndürebilmek için tasarlanan bir Dış Tahrik Mekanizması

Tıbbi Görüntüleme 2

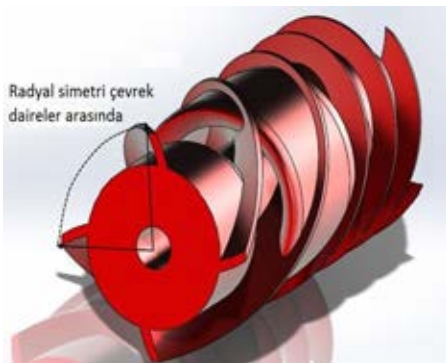
(DTM) aradaki tork-devir sensörü ile birlikte tungsten karbid malzemeden imal edilen bir shaft ile rotora bağlanmıştır. Pompa birer alçak ve yüksek basınç rezervuarı arasında konuşlandırılarak istenen devirde (rpm) çalıştırılmış; basma yüksekliği (ΔP , mmHg) pompa girişi ve çıkışına yerleştirilen çift basınç transdüserleriyle, debi (Q , L/dak) ise bağlantı hortumu dışına yerleştirilen bir ultrasonik akış transdüseriyle ölçülerek hidrolik güç ($\Delta P \times Q$, Watt) hesaplanmıştır.

Akış özelliklerini ölçmek için kullanılan PHG sistemi (Intelligent Laser Applications GmbH, Germany) bir adet 532 nanometrede çalışan 2-boyutlu LED aydınlatıcı ve bir uzun mesafe mikroskop ile donatılmış yüksek hızlı (7.3-13.5 fps, 5-50 μs shutter time) kameradan oluşmaktadır. Darbeli (pulsed) aydınlatıcı ve yüksek hızlı kamera, bir LED kontrolör tarafından senkronize edilmektedir. Sıvıya karıştırılan parçacıklar (tracer particles, Polyamide 50- μm size and 1.016 g/cm³) gliserinli suyun akışını sıfır kaldırma kuvvetiyle takip etmektedirler. Zamansal ve uzaysal çekilen ardışık fotoğrafların ardıl işlemleri PIVview2c yazılımıyla yapılmıştır. (Şekil 1)

Pompanın radyal kesiti 4 simetrik çeyrek daireden oluştuğu için (Şekil 2) sadece bir çeyrek daire 6 ardışık alt bölgede (Şekil 3) akışın eksenini yönünde incelenmiştir. Pompanın içindeki parçacık hızı akış çizgilerinin pompa boyunca oluşturulabilmesi için, her kısımdan elde edilen veriler birleştirilerek bilgisayarla işlenmiştir.

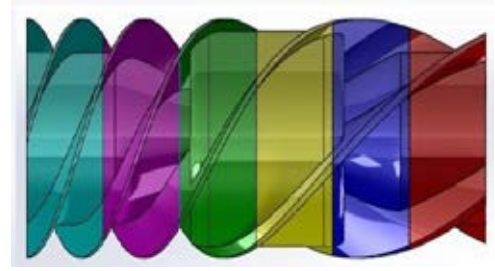


Şekil 1: Deney düzeneği



Şekil 2: Rotorun Radyal Simetrisi

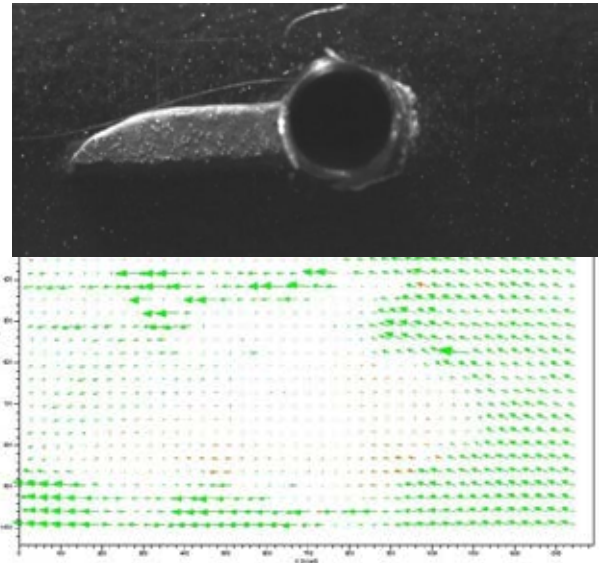
3. Gün 27 Eylül 2014 Cumartesi (11.45-13.00)



Şekil 3: Rotorun Radyal ve Eksenel Simetrisi

3. BULGULAR

İndüktör bölgesinde yapılan PHG testlerinin sonucunda, PHG ve Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) testi sonuçlarının benzer olduğunu gözlemlemiştir. Aşağıdaki (Şekil 4) Pompanın 7100 devirde dönerek 5.1 L/dk debi üretirken, İndüktör bölümünden çekilen fotoğrafların ardıl işlem sonrası akış profili görüntülenmiştir. Yeşil okların yönü akış yönünü, boyları ise akış şiddetini göstermektedir. Şekil 3deki hız vektörlerinin boyu 0.5-1.2 m/san arasında değişmektedir.



Şekil 4: İndüktör Bölgesinde Akış (7100 devir, 5.1 L/dk)

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

İndüktör etrafında akışkan geçiş alanı 105.56 mm² olduğu göz önüne alınırsa, 5.1 L/dk lık bir debinin 1.2 m/san lik bir çizgisel hıza karşılık geldiği hesaplanılır ($Q=vA$). Bu değer PHG ile hesaplanan değerlerle birebir örtüşmekte olduğu için düzenek verilerin doğru olduğu kabul edilebilir. Proje devam etmekte olduğu için konferans zamanına kadar pompanın diğer bölümlerinden (rotor, difüzör) elde edilecek veriler sunulacaktır.



Tıbbi Görüntüleme 2

3. Gün 27 Eylül 2014 Cumartesi (11.45-13.00)

5. KAYNAKÇA

- [1] J.E. Hall, A.C. Guyton. GUYTON and HALL text book of medical physiology - Saunders Elsevier, 12th edition 2011 Philadelphia-USA
- [2] K.Toptop, K.A.Kadipasaoglu. Design and numeric evaluation of a novel axial-flow left ventricular assist device. ASAIO J, 230-9 - 2013
- [3] R.J. Adrian, J. Westerweel. Particle Image Velocimetry - Cambridge, 2011

Bu proje 113M242 numaralı TÜBİTAK fonu tarafından desteklenmektedir.