

Mekanik ve Biyolojik Kalp Kapak Protezlerinin Hidromekanik İncelenmesi İçin Pulse Duplicator Sistemi Kullanımı ve İkinci Uygulama Raporu

*Op. Dr. Murat Dikmengil, *Dr. Derya Göbelek, **Op. Dr. Nehir Sucu, ***Prof. Dr. Mehmet Çapa, **
Doç. Dr. Mehmet Körünek, **Dr. Can Apak**.*

- * Koşuyolu Kalp ve Araştırma Hastanesi
- ** TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi
- *** Ankara Numune Hastanesi Kardiyovasküler Cerrahi Merkezi

Tübitak Marmara Araştırma Merkezinde kalp kapak protezlerinin hemodinamik özelliklerini incelemek üzere tasarlanmış ve üretilmiş Pulse Duplicator Sisteminin İkinci Uygulama raporunu sunuyoruz.

Bu çalışmada St. Jude ve Björk-Shiley 29 mitral kapakların açılma gradyanlarını ölçtük ve efektif orifis alanlarını hesapladık. Bulgularımız bu kapakların literatür verileri ile uyum göstermektedir.

GKD Cer.Derg.1994;2:76-78

Pulse Duplicator System in Hydromechanical Assessment of Mechanical and Biological Heart Valves:Second Report.

The Second application report of Pulse Duplicated System designed and realized at TÜBİTAK Marmara Research Center to investigate the hemodynamical characteristics of the heart valve prothesis is presented.

In our study we measured the opening gradients of 29 St.Jude and Björk-Shiley mitral valves and calculated the effective orifice area. Our findings correlate well with the literature values of this valves.

Kalp kapak protezleri 1960'lı yıllardan beri kullanılmaktadır. Günümüzde en sık kullanılan protez kapak tipleri: top-kafes; disk-kafes; tilting disk, biliflet ve doku biyoprotezleridir. Otuz yıllık deneyime karşın kalp kapak protezlerine ilişkin sorunlar tam anlamıyla çözümlenememiştir. En sık karşılaşılan sorunlar tromboembolizm vejetasyon, enfeksiyon, etek dikişlerinde yırtılma, eritrosit yıkımı, materyal yorgunluğuna bağlı kapak yetmezliği ya da kimyasal değişikliktir.

Ayrıca kapağa komşu damarda endotel hasarı ve kapağın yeterli şekilde kapanmamasından doğan kaçaklarda olabilir. Tromboembolizm, vejetasyony eritrosit hasarı ve endotel hasarı doğrudan sıvı dinamiklerine bağlıdır.

Doku biyoprotezleri ilk ortaya çıktıklarında ideal kalp kapak protezleri olarak düşünüldüler; en büyük avantajları tromboembolik komplikasyon

oranının düşük olması idi. Ancak doku biyoprotezleri basınç gradyanlarının yüksek olması, kapak lifletlerinde jet akımı, lifletlerde materyel yorgunluğu ve liflet yırtılması ve özellikle çocuklarda lifletlerin kalsifikasyonu gibi bazı dezavantajlara sahiptir. Biyoprotezlerin bu sakıncaları yeni mekanik protezler yapmak ya da mevcut mekanik protezlerin özelliklerini derinlemesine inceleyerek sakıncaları ortadan kaldırmaya yönelik çalışmaları teşvik etmektedir. Halen kullanılmakta olan pek çok hidromekanik yöntem vardır. Bunlara temel oluşturan çalışmaları aşağıda özetleyeceğiz.

Kardiyovasküler araştırmalar yapmak amacıyla çeşitli hidromekanik sistemik dolaşım modelleri tasarımları yapıldı ve imal edildi. Pawel⁽¹⁾ kendi modelinde pistonla açılan bir diyafragma modeli kullandı ve sıvı dolu bir tüple pülsatil akımın dalgalanmalarının tabiatını araştırdı. Reul⁽²⁾ yapay bir sol ventrikül ile pistonlu bir pompayı sıvı yüzeyi ile temas ettirdi ve bu hidromekanik yapay kalp modeliyle protez kapak testleri yapıldı. Van "Steenhoven kendi modelinde düzenli hava basıncı ile piston hareketi sağlayan bir sol ventrikül sistemi geliştirdi⁽³⁾. Yoganathan santrifügal bir pompayla akım deneylerini yaptı^(4,5) ve hava basıncı ile piston hareketi sağlayan bir sol ventrikül sistemiyle sıvı süturunu harekete geçirdi ve inceledi.

Bizim amacımız kendi hidromekanik sistemimizde çeşitli kapakları incelemektir.

Materyal ve Metod

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi'nde yapılan ve üretilen sistem, sürücü mekanizmadan, piston pompadan, dolaşım tüpünden ve ölçüm aletlerinden oluşur. Pompa pleksiglas bir kutudan ve iki açıklıktan oluşur, açıklıklardan biri mitral kapak protezinin takılı olduğu test odacığına; diğeri ucunda aort kapağının takılı olduğu aortu simüle eden boruya bağlıdır. Pulsatil akım hareketi bir mikroişlemci ile kontrol edilir. Biz kendi sistemimizde mikroişlemci olarak İntel 6531 kullanıyoruz. Sistemde Superior electronic marka M093-FC 114 model, 200 adım/tur step motor kullanılmaktadır. Adım motorun lineer adım özellikleri yüksek olduğu için, "feedback"e gerek olmamıştır.

Sistemin amacı sol atriyum, sol ventrikül ve aortu simüle etmektir. Sol atriyum ve sol ventrikülü simüle eden odacık pleksiglastan yapılmıştır ve mitral protez kapağın her açıdan görülebilmesine olanak sağlar. Mitral kapak protezi, farklı ebatlardaki protez kapakların kolayca takılmasına olanak sağlayabilecek bir tutucu mekanizma üzerine takılmaktadır. Sistemde kullanılan tuzlu sıvı test odacığından çıkmakta ve

pompaya girmektedir. Sistem Yoganathan'ın kullanıldığı sisteme benzemektedir, ancak Lucite boru yerine cam kullanılmaktadır. Akım kanalı üç bölüme oluşur. İlk bölüm sol ventrikül çıkım yolunu ve aortu temsil eder, ikinci bölüm aort kökünün ve Valsalva sinüslerinin simülasyonudur, bu bölüm Yoganathan'ın modelinde olduğu gibidir. Son kısım asandan aortu temsil eder. Aort kapağı inlet kısmıyla kalp kapak odacığı arasına yerleştirilebilir.

Akım ölçümleri fizyolojik tuzlu sıvı ile yapılmaktadır. Akım hızı 167-500 m/san (10-30 l/dak) düzeyinde tutulmaktadır. Tüm pülsatil akım deneyleri kalp hızı 60-140 vuru/dak düzeyinde tutularak yapılmaktadır. Sistolik süre 30 milisaniye ve ortalama aort basıncı 100 mmHg düzeyindedir, kalp debisi 42 ila 125 ml/sn (2.5-7.5 litre/dk) arasında değişmektedir. Bu akım ve basınç özellikleri fizyolojik şartları simüle etmektedir

Tüm ölçümler "System 4000 from Instruments Division, Measurement Group; Motorola MPX 5100 DP basınç transdüseri kullanılarak yapılmaktadır.

Bu çalışmada protez kapağın hidromekanik özelliği "Tepe pülsatil akımın bir fonksiyonu olarak tepe akımı sırasında ΔP ölçümü yapılarak incelenmektedir. Her kapak için şu ölçümler yapılmaktadır.

1. Dinlenme ve efor şartlarını temsil eden 60 ila 140 atım/dakika ve 5lt /dak debisinde ortalama ΔP ölçümü.

2. Gorlin ve Gorlin formülünün modifikasyonu temel alınarak efektif orifis olanı (EOS) hesaplanır. Bu denklem

$$EOS = Q / 51.6 \sqrt{\Delta p}$$

Burada Q akımı temsil etmektedir.

Sonuçlar ortalama \pm standart sapma ile ifade edilmektedir. Farklar student-t testi ile incelenmektedir. $p < 0.05$ anlamlı kabul edilmektedir.

Tartışma

Protez kalp kapakları kullanıma girdiklerinden bu yana çeşitli sorunlar çıkarmaktadır^(6,7). Mekanik kapakların temel dezavantajı tromboembolizm ve antikoagülasyona bağlı sorunlardır^(3,4). Buna karşın biyolojik kapaklar özellikle küçük ebatlarda yüksek basınç gradyanları gösterirler^(8,9). Protez kalp kapaklarının değerlendirilmesinde in vitro çalışmalar sürdürülmektedir. Biz de Marmara Araştırma Merkezi bünyesinde çalışmalarımızı sürdürmekteyiz.

Tablo 1. Björk-Shiley STD 29 ve St. Jude Medical 29 mitral kapakların literatür verileri ve ölçüm değerleri

Protez Tipleri	Ebat mm	Ortalama EOS \pm SD cm^2	Ortalama ΔP mmHg CO: 5l/dak
Björk-Shiley STD literatür verisi	29	3.01 \pm 1.3	3.2
Björk-Shiley STD ölçülen değer	29	3.01 \pm 1.3	3.2
St. Jude Medical literatür verisi	29	3.40 \pm 0.9	2.5
St. Jude Medical ölçülen değer	29	3.40 \pm 0.9	2.5

EOS : Efektif orifis alanı
 ΔP : Tepe basınç

Çeşitli çalışmalar St. Jude protez kapağın iyi bir hidrodinamik performansı olduğunu göstermektedir⁽⁵⁾. Orta ve geniş ebatlarda, efektif orifis alanı geniştir (EOS), gradyan ve regürjitasyon fraksiyonu düşüktür. Efektif orifis alanının, takılma yüzeyine oranı olarak ifade edilen PI (performans indeksi) iyidir, bu nedenlerle St. Jude mekanik protez kapağının hidrodinamik performansı iyi kabul edilmektedir.

Björk-Shiley protez kapakların son tiplerinde efektif orifis alanı (EOS) ve performans indeksi (PI) orta ebatlarda daha iyi bulundu. Yeni Björk-Shiley modelinde liflet açılma açısı daha geniştir ve bu nedenle öne doğru akıma direnç daha azdır, ancak regürjitasyon akımı (RF) daha yüksektir^(3,10).

Biz çalışmamızda St. Jude ve Björk-Shiley 29 mitral kapaklarda açılma gradyanlarını ölçtük. Bulgularımız bu kapakların in vitro çalışmalarında verilen değerlerle uyumludur.

Bundan sonraki in vitro çalışmalarda açılma gradyanı ve alanına ek olarak regürjitasyon fraksiyonu, performans indeksi, biokompatibilite, takılma kolaylığı, trombojenik özelliğin az olması, süreklilik ve gürültünün incelenmesinin yararlı olacağı kanaatindeyiz.

Kaynaklar

1. Pawel HE: Experimental investigation of the turbulence in the context of arterial hemodynamics. Ph.D. Thesis, Rutgers University, New Jersey, 1974.
2. Reul H: Hydraulic analog model of the systemic circulation designed for fluid mechanical studies in the left heart and systemic arteries. Advances in Cardiovascular Physics 5 IV;43, 1938.
3. Van Steenhoven AA, Van Duppen JÜG, Cauwenberg JWG, Van Renterghem RJ: In vitro closing behavior of Bjork-Shiley, St. Jude and Hancock heart valve prostheses in relation to the in vivo recorded aortic valve closure. Journal Of Biomechanics 15: 841,1982.
4. Yoganathan AP, Corcoran WH: In vitro velocity measurements in the vicinity of aortic prosthesis. Journal of Biomechanics 12:135, 1979.
5. Yoganathan AP, Corcoran WH, Harrison EJ: Pressure drop across prosthetic aortic heart valves under steady and pulsatile flow in vitro measurements. Journal of Biomechanics 12:153, 1979.
6. Loogen F, Horstkotle D: Therapy of valvular heart disease. Bleifeld W, mathey D: Therapy of Cardiovascular Disease, Theime, Stuttgart, 1982.
7. Robert WC: Choosing a substitute cardiac valve. Type size, surgeon, Am J Cardiol, 38:663, 1976.
8. Gabbay S, Mc Queen DM, Vellin EL, Frater RWV: In vitro hydrodynamic comparison of mitral valve bioprotheses. Circulation 60(suppl I):162,1979.