

Mekanik Kalp Kapaklarında Ses Çalışması

Sait AŞLAMACI, Ahmet GÖNCÜ, Atilla SEZGİN, Atılay TAŞDELEN, Soner ÖZKAN,
Coşkun İKİZLER

Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi Kalp Damar Cerrahisi Anabilim Dalı. Ankara

Tüm mekanik kalp kapakları açılma ve kapanma fazında hasta ve yakın çevresindeki insanlar tarafından duyulabilecek şekilde ses oluştururlar. Biz sıklıkla kullanılan dört tip mekanik kapağın oluşturduğu sesin şiddetini ve buna bağlı şikayetleri araştırdık.

Bu çalışmaya aorta ve mitral kapak replasmanı yapılan hastalar arasından rastgele seçme yöntemi ile belirlenen 75 hasta alındı. Hastaların 15'inde Carbomedics, 21'inde Ultracor, 19' unda Sorin, 20' sinde Björk-Shiley Monostrut mekanik kapakların oluşturduğu ses basınç düzeyleri kalibre edilmiş ses düzey ölçer ile "fast" ve "impulse" modlarında kaydedildi. Yaş, vücut yüzeyi, kan basıncı, mekanik kapak numaraları, kalp hızı ve ritminin ses oluşumu üzerine etkisi araştırıldı. Hastadan 10 cm ve 100 cm uzaklıkta "fast" ve "impuls" modlarında ölçülen ses basınç düzeyleri Björk-Shiley Monostrut kapağında en yüksek bulundu. 10 cm' lik uzaklıkta her iki modda Ultracor en az ses üreten kapak olarak tesbit edildi. Kapak sesi rahatsızlığı Ultracor grubunda % 61.9 (13); Carbomedics grubunda % 66.7 (10); Björk-Shiley Monostrut grubunda % 80 (16) ve Sorin grubunda % 94 (18) olarak tesbit edildi. Uykuya geçişte zorluk, çevredeki insanların kapak sesini duyması ve daha az sesli kapak tercihi yüksek ses oluşturan kapakların takıldığı hastalarda daha fazla idi.

Mekanik kapakların çıkardığı ses ve buna bağlı şikayetler kapağın ürettiği sesin şiddeti ve frekansı ile ilgilidir. Bu nedenle mekanik kapak seçiminde kapakların ürettikleri ses diğer Özelliklerin yanında önemli bir kriter olarak alınmalıdır.

GKD Cer Derg 1997; 5: 156-163

A Study of Mechanical Heart Valves

All mechanical heart valve prostheses produce audible metallic sound during opening and closing period. We investigated the intensities of mechanical heart valve sounds and related subjective complaints in patients with four different commonly used valves.

This prospective study includes randomly selected 75 patients with single valve replacement either in aortic or mitral positions. Carbomedics in 15, Ultracor in 21, Sorin in 19, Björk-Shiley Monostrut mechanical heart valve in 20 patients were used. Sound pressure levels were recorded by calibrated sound proof-room. The influence of age, body surface area, valve diameter, blood pressure and cardiac rhythm on results were examined.

In fast and impulse modes the Björk-Shiley Monostrut valve was significantly louder than the other valves at 100 cm distance as well as at 10 cm distance. Although the Ultracor valve was less louder than the other valves. 66.7 % (10) of the Carbomedics patients, 61.9 % (13) of the Ultracor patients, 80 % (16) of the Björk-Shiley Monostrut patients and 94 % (18) of the Sorin patients could hear their valve sounds. Sleep disturbance, audible valve sounds by the people around the patients and preference of a less noisy valve were also higher in the louder valves.

The sound of mechanical valve and the related complaints correlate to the objectively measured sound pressures and frequencies. Therefore disturbing effect of mechanical heart valve sound should be considered when a heart valve prostheses is implanted.

Giriş

Valvüler kalp hastalıklarının tedavisinde uzun yıllardan beri başarılı bir şekilde kullanılmakta

olan mekanik kapakların, doğal kalp kapaklarının aksine hasta ve yakın çevresindeki insanlar tarafından duyulabilecek düzeyde ses

üretmeleri bu protezlerin istenmeyen etkilerinden biridir. Literatürdeki kısıtlı sayıda yapılmış araştırmalar mekanik kapakların kapanma fazında çıkardıkları sesin açılma fazına oranla çok daha şiddetli olduğunu göstermektedir (1-5). Erken post operatif dönemde mekanik kapak sesi şikayet konusu olmamakla beraber zaman içerisinde rahatsız edici yönü ön plana çıkmakta, hasta ve yakın çevresi tarafından sıklıkla dile getirilmektedir. Kapak sesine bağlı rahatsızlıklar; kapak cinsine, hastanın psikolojik durumuna, duyma özelliklerine, çevresel faktörlere bağlı değişkenlikler göstermektedir.

Hastaların kontrol muayeneleri esnasında çoğu kez kapak sesi sebebiyle duyduğu rahatsızlıklar sorulmamakta ve takip formlarına not edilmemektedir. Bu nedenle hastaların rahatsızlık düzeyi ve kapaklar arasındaki farklar tam olarak değerlendirilememektedir. Mekanik kapakların ürettikleri sesin şiddeti, frekans dağılım özellikleri ve bunun sonucunda hastalara yansıyan şikayet düzeyi kapak seçimlerinde ilave bir kriter olmalıdır. Bu çalışmanın amacı sıklıkla kullanılan dört tip mekanik kapağın çıkardığı sesin şiddeti ve frekans analizlerini yapmak ve ölçülen ses basınç düzeyleri ve frekans dağılımları ile hastaların şikayetleri arasındaki ilişkiyi araştırmaktır.

Hasta ve Metod

Bu çalışmada kapağına müdahale edilerek, aorta veya mitral kapak replasmanı yapılan hastalar arasından rastgele seçme yöntemi ile belirlenen 75 hasta incelenmiştir. Kapak cinsine göre hastalar Carbomedics kullanılan 15 hasta, Ultracor kullanılan 21 hasta, Bjork-Shiley Monostrut kullanılan 20 hasta, Sorin (Monoleaflet) kullanılan 1 hasta olmak üzere dört ayrı grupta sınıflandırılmıştır. 1991 yılına kadar yaygın ve başarılı olarak kullanılan Bjork-Shiley kapağı bu tarihlerde üretimden kalkmış olmasına rağmen menteşe mekanizma 11 kapakların prototipi olma ve dünyada en çok

kullanılan kapak olma özelliği gözönüne alınarak sonuçların kıyaslanma etkinliğini artırmak amacıyla çalışmaya dahil edilmiştir. Yapılan kontrollerde tüm kapakların yeterli hemodinamik performans gösterdiği saptanmış, hiç bir hastada tromboembolik komplikasyon gözlenmemiştir.

Her hasta ses analiz çalışmasından önce fizik ve otoskopik muayeneden geçirilmiş, dışkulak yolunda varsa buşon ve benzeri oluşumlar temizlenmiştir. Yaş, vücut yüzeyi, kan basıncı, mekanik kapak numaraları, cinsiyet, kalp hızı, ritm özellikleri kaydedilmiştir. Ayrıca hastaların şikayetlerine yönelik soruları içeren bir form düzenlenerek kapak sesini duyup duymadıkları, duyulan sesin günlük aktivite esnasında ve gece uykuya geçişte doğurduğu rahatsızlık, daha az sesli bir protez tercih edip etmedikleri sorulmuştur. Hasta yakınlarına da benzer sorular yöneltilerek sonuçları kaydedilmiştir.

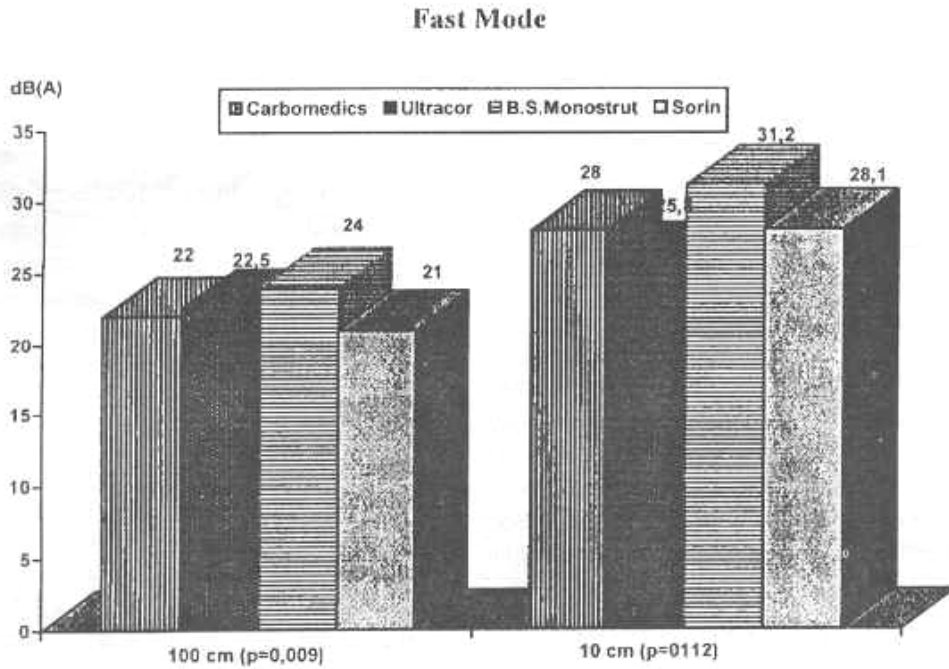
Mekanik kapakların oluşturduğu ses basınç düzeyleri (Sound Pressure Level: SPL) sternumdan 10 ve 100 cm uzaklıktan kaydedilmiştir. Bu işlem için kalibre edilmiş ses düzey ölçer (Sound Level Meter, B&K 2204 Denmark) ve hassas mikrofon (B&K 4145 Denmark) kullanılmış, ölçümler "fast" modunda ve "impulse" modunda ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Testler sessiz odada (IAC Sound-Proof Room) yapılmıştır. Interakustik AC 5 HF klinik odyometre ve THD-39 kulaklık ile konvansiyonel, interakustik AS 10 HF yüksek frekans odyometre ve HV-1A kulaklık kullanılarak yüksek frekanslı odyometrik analizler yapılmıştır. Ölçümler gerek dB (A) skalasında gerekse 125 Hz' den 16 kHz' e kadar frekans dağılımında yapılmıştır. Timpanometrik ölçümler interakustik AZ 7 ve AG 3 timpanometre ve yazıcı kullanılarak kaydedilmiştir.

İstatistik analizlerde SPSS software kullanılmış, değişkenler "F" testi ile, kıyaslamalar "Chi square" ve "t" testi ile yapılmıştır.

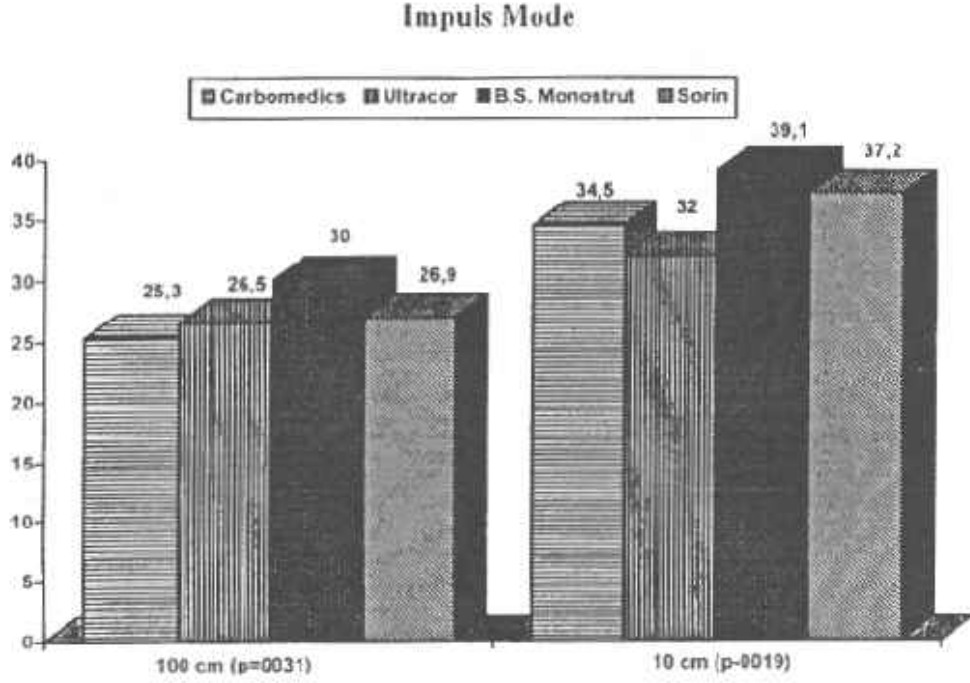
Sonuçlar

Çalışma grubunda alınan hastaların duyma fonksiyonları değerlendirilmiştir. Tone ortalamaları, (Pure Tone Avarage: PTA) sağ kulak için 10.67 dB, sol kulak için 11.45 dB olarak normal sınırlarda ölçülmüştür. Konuşma algılama eşikleri (Speech Reception Threshold: SRT) normal bulunmuştur. Ortalama diskriminasyon skoru sağ kulak için % 97.9 olup hastaların hiç birisinde konuşma testlerinde uyumsuzluğa rastlanmamıştır. Orta kulak basıncı, akustik reflex eşiği gibi timpanometrik ölçümler normal sınırlarda bulunmuştur. Odyometrik olarak hastaların 125 Hz ile 4 kHz arasında duyma eşikleri normal sınırlardadır. Daha yüksek frekanslarda ise tüm hastalarda işitme kayıpları tesbit edilmiştir.

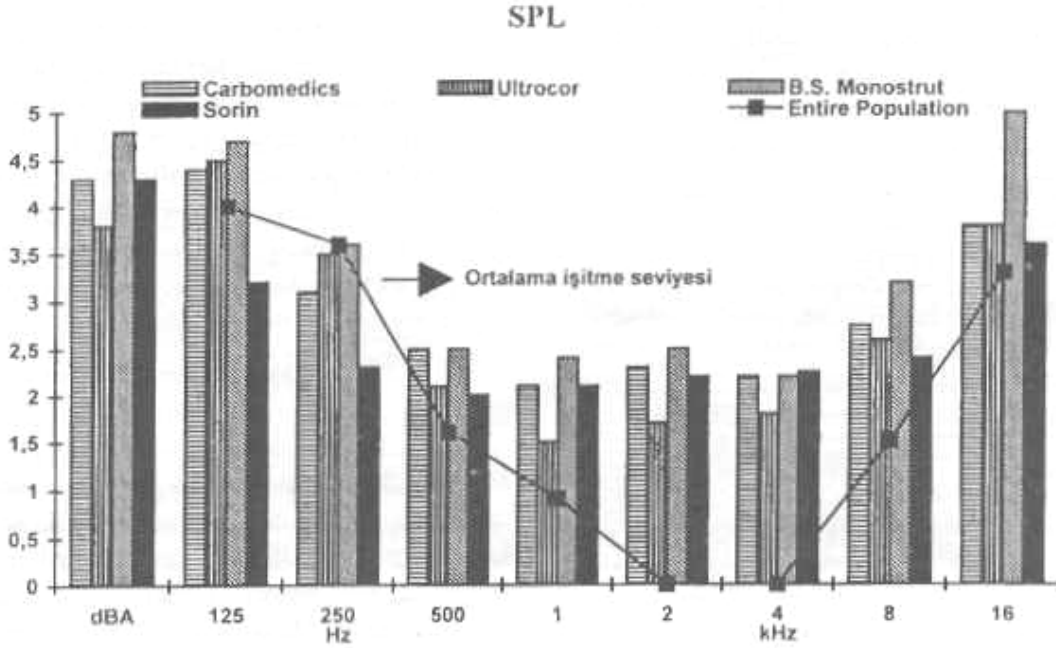
Sternumdan 10 cm ve 100 cm uzaklıklardan "fast" ve "impulse" modlarda ölçülen ses basınç düzeyleri (SPL) birbirinden farklılık göstermiştir (Şekil 1-2). Her iki modda da gerek 10 cm gerekse 100 cm uzaklıktan yapılan ölçümlerde Björk-Shiley Monostrut en fazla ses üreten kapak olmuştur. Fast modunda 100 cm uzaklıkta Sorin, Carbomedics ve Ultracor daha az ses üreten kapaklar olarak sıralanmışlardır. 10 cm uzaklıktan yapılan ölçümler hasta kulağına yakın uzaklık olarak değerlendirilmiş ve bu uzaklıkta Ultracor en az ses üreten kapak olarak tespit edilmiştir. İmpuls modunda ise 100 cm uzaklıkta Carbomedics, Ultracor ve Sorin daha az ses üreten kapaklar olarak sıralanmış, 10 cm uzaklıkta ise Ultracor en az ses üreten kapak olarak bulunmuştur. Farklı frekans düzeylerinde SPL ölçümleri de önemli



Şekil 1. Hastadan 10 cm ve 100 cm uzaklıkta "fast" modunda ölçülen Sound Pressure Level değerleri. Gruplar arasında 10 cm' lik mesafede 100 cm' lik mesafeden daha belirgin farklılıklar vardır.



Şekil 2. Hastadan 10 cm ve 100 cm uzaklıkta "impulse" modunda ölçülen Sound Pressure Level (SPL) değerleri. Gruplar arasında 10 cm' lik mesafede SPL değerlerinde anlamlı farklılıklar vardır.



Şekil 3. Farklı frekans düzeylerinde 10 cm' lik' mesafede Sound Pressure Level (SPL) seviyeleri. Tüm gruplarda SPL değerleri en düşük ve en yüksek frekansda daha yüksek bulundu.

farklılıklar göstermiştir (Şekil 3). insan kulağının en hassas olduğu ve duyma için en az enerji gereksinimi olan frekans aralığı 500 Hz ile 4 kHz olup bu aralıkta Ultracor en az ses üreten kapak olma özelliği gösterirken, yüksek ve düşük frekans bantlarında Sorin en az ses üreten kapak olmuştur.

Protez kapak ses basınç düzeyi ile buna bağlı olarak ortaya çıkan şikayetler arasında korelasyon tesbit edilmiştir. Toplam 75 hastanın % 76'sı genel anlamda metalik kapak sesinden rahatsız olduklarını beyan etmişlerdir. Sorin kapağı kullanılan hastaların % 94'ü kapak sesinden şikayetçi olmuş ve bu grupta % 63 hasta uykuya geçmede zorluktan şikayet etmiştir. Ultracor grubundaki hastaların 61.9' u kapak sesinden şikayet etmiş, % 14.3'ü uykuya geçmede zorluk tarif etmişlerdir (Tablo 2), özellikle Bjork-Shiley Monostrut ve Sorin kapağı başta olmak üzere protez kapak takılan hastaların çevresindeki insanlar kapak sesini duyabildiklerini ifade etmişlerdir. Genel anlamda hastaların 6'u daha az sesli bir kapak tercih edeceklerini söylemişlerdir. Sorin grubunda bu oran 89.5 iken Carbomedics grubunda 53.3' tür (Tablo 2). Daha yüksek ses üreten kapak takılmış hastalarda gerek günlük aktivitede gerekse uykuya geçişte daha fazla şikayet saptanmıştır.

Tablo 1. Hastaların gruplara göre ortalama yaş ve cins dağılımı. Gruplar arasında yaş farkı yoktur. Tüm gruplarda ortalama yaş 40'ın altındadır.

| Kapak Tipi | Yaş (yıl) | Cins |
|---------------------|-----------|------------|
| Carbomodics (15) | 33.9 ± 15 | E=11 %73.3 |
| | | K=4 %42.9 |
| Ultracor (21) | 37.9 ± 9 | E=9 %42.9 |
| | | K=12 %57.1 |
| B.S. Monostrut (20) | 34.5 ± 13 | E=11 %55 |
| | | K=9 %45 |
| Sorin (19) | 36.3 ± 9 | E=7 %36.8 |
| | | K=12 %63.2 |
| χ^2 | P=0.7272 | P=0.3162 |

Tablo 2. Protez kapaklarla oluşan sese bağlı yakınmalar.

| Kapak Tipi | Kapak Sesi rahatsızlığı | Uykuya Geçişte Zorluk | Çevredeki İnsanların Kapak Sesini Duyması | Daha Az Sesli Kapak Tercih |
|---------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------------------------|----------------------------|
| Carbomedics | 66.7 | 40.0 | 86.7 | 53.3 |
| Ultracor | 61.9 | 14.3 | 81.0 | 57.1 |
| B-S Monostrut | 80.0 | 55.0 | 100.0 | 75.0 |
| Sorin | 94.0 | 63.0 | 100.0 | 89.5 |
| χ^2 | p=0.0773 | p=0.0057 | p=0.0588 | p=0.0412 |

Grupları teşkil eden hastalar genç-orta yaş grubunu temsil etmiş ve gruplar arasında yaş farkları öneme haiz bulunmamıştır. Ses oluşumuna etki etmesi muhtemel olan, protez kapak büyüklüğü, vücut yüzeyi, kan basıncı, ritm özellikleri ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır. Vücut kütlesinin ve kan basıncı değişikliklerinin SPL üzerinde etkisi olmadığı saptanmıştır. Kapak büyüklüğünün SPL üzerinde disk kütlesinin farklılığına bağlı olarak etkili olabileceğine dair bulgular tesbit edilmesine rağmen serimizdeki hasta profili daha net sonuç elde etmeye yeterli bulunmamıştır. Kalp ritminin ve oluşan aritmilerin SPL üzerinde öneme haiz etkisi saptanmamıştır. Protez kapağın aorta ya da mitral konumda olması ile kapak ses basınç düzeyi arasında korelasyon tesbit edilmemiştir.

Tartışma

Mekanik kalp kapaklarının fonksiyonları ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmakta ve bu kapakların hemodinamik performansları ve komplikasyon hızları birbirlerine benzerlik göstermektedir. Mekanik kapakların açılma ve kapanma fazında ürettikleri ses ile ilgili literatürde kısıtlı sayıda çalışma vardır. Kapakların açılırken çıkardıkları ses ancak fonokar-

diyografik olarak tesbit edilebilirken, kapanma sesi hasta ve yakın çevresindeki insanlar tarafından duyulabilmektedir. Kapanma sesinin oluşturduğu yüksek frekans bantlarının diskin vibrasyonundan kaynaklandığı bilinmektedir. Düşük frekans banttıan ise göğüs içi organları ve kanda oluşan ossilasyonların bir neticesidir (6). Göğüs kafesindeki akciğer, kan, yumuşak doku ve kemik yapısı gibi oluşumların kalp kapak seslerin demodifikasyona sebep olduğu ve ayrıca filtrasyon görevi gördüğü diğer önemli bir husustur (6). Bu sebeple kapak takılan insanlardan elde edilen sonuçlar ile in vitro yapılan testler arasında farklar tesbit edilmektedir (7).

Mekanik kapak sesleri organik bir bozukluğa sebep olmazken hastanın yaşantısında önemli rahatsızlıklara neden olmakta ve hastanın yaşam kalitesini negatif yönde etkilemektedir. Sübjektif karakteri nedeni ile şikayetlerin analizi oldukça güçlük arzedebilir. Hastanın psikolojik yapısı, sosyokültürel düzeyi, rahatsızlığın derecesini etkileyen önemli unsurlardır. Sessiz bir büroda çalışan ile gürültülü bir iş yerinde çalışan insanlar arasında kapak sesinden etkilenim farklı olacaktır. Keza genç insanların kulağı 16 kHz frekans düzeyinde duyum sağlarken yaşlı insanlarda yüksek frekanslar duyu kaybı nedeni ile beklendiği ölçüde rahatsızlığa sebep olmayabilir. Serimizde hastaların % 76'sı kapak sesinden rahatsızlığa sebep olmayabilir. Serimizde hastaların % 76' sı kapak sesinden rahatsız olduğunu ifade etmektedir. Ortalama yaşın 35 olduğu araştırma grubunda dağılım genç yaş grubunu temsil etmiştir. Tüm hastalarda odyometrik ölçümler normal bulunmuş ve yaşlar arasında öneme haiz fark bulunmamıştır. Bu nedenle serimizde yaş, mekanik kapak nedeni ile oluşan rahatsızlıkta rol oynayan faktör olma özelliği taşımamıştır. Literatürdeki diğer araştırmalarda ortalama yaş daha yüksektir (4, 5). Araştırmaların yapıldığı ülkelere göre kapak hastalığının nedenleri bakımından ülkemizde romatizmal

kapak hastalıklarının ön planda olması bu sonucu doğrulamıştır. Moritz ve arkadaşlarının serisinde ortalama yaş 56 olup bu çalışmada genç hastaların yaşlı hastalara göre daha fazla semptomatik oldukları rapor edilmiştir (4).

Ritm bozukluklarının ses basınç düzeylerini etkilemediği ve dolayısıyla oluşan şikayetlerde kalp ritminin rolü olmadığı yolunda elde ettiğimiz sonuçlar literatürle uyumludur. Mekanik kapakların hareketli disklerinin takılan kapak büyüklüğüne paralel olarak dolayısıyla kitlesel olarak daha ağır olmasının oluşan ses basınç düzeylerini artırdığı tartışılmakta olan bir konudur. Yapılan çalışmalarda disk ağırlığının oluşan sesi artırdığına dair bulgular vardır (8). Serimizde kapak numaralarına göre yeterli dağılım olmadığı için bu konuda objektif bir sonuç elde edilememiştir. Vücut kitlesi ile oluşan ses düzeyi ve şikayetler arasında korelasyon bulunamamıştır. Önceki çalışmalarda da bu etkileşim tesbit edilememiştir (4). Bunun vücut yüzeyi daha geniş hastalarda daha büyük numara kapak kullanımının daha sık olduğundan mı yoksa dokuların filtrasyon etkisinden mi olduğu konusu açık değildir. Kan basıncı değişiklikleri ve kapağın mitral ya da aorta pozisyonunda oluşu da oluşan ses basınç düzeylerini etkilememektedir. İnvitro çalışmalarda da bu ilişki tam olarak gözlenememektedir. Diskin karbon kaplandığı yeni jenerasyon kapaklar eski delrin ve slastik disk kapaklara nazaran çok daha geniş aralıklı frekans düzeylerinde ve daha yüksek şiddetle ses üretmektedirler. Bu frekans yoğunluğu 8 Hz ile 16 kHz arasındadır. Halen kullanılmakta olan kapakların gerek menteşe özellikleri gerekse açılma açıları birbirlerine benzerlik göstermekle birlikte ortaya çıkan ses basınç düzeyleri arasındaki farklar belirgindir. Bunun diskin kapağında kapak anulusuna tam temas etmesi veya kapanmanın anulusun iç yüzeyinde minimal bir mesafede tamamlanması, tüm disklerin karbon kaplanmış olmasına rağmen kitlesel ağırlıklarının farklı oluşu, karbon yoğunluğunun menteşe özelliği sebebi ile

homojen olmaması gibi mühendislik ve tasarım özelliklerinden kaynaklandığı açıktır. Kafesjian ve arkadaşları dikiş halkasının esnekliğinin ve kapağın tesbit edildiği dikiş halkasının mobilitesinin kapanma esnasındaki gücü dağıttığını ve oluşan yükü azalttığını ileri sürmüşlerdir (9). Bu bakış açısından bakıldığında kapağın takılması sırasında kapak seçimi kadar seçilen kapağın numarası ve cerrahi teknik de üretilen sesin şiddeti bakımından önem taşıyabilir.

Mekanik kapak sesinin şiddeti kadar frekans dağılımının da oluşan şikayetler açısından önemi vardır. 10 cm mesafeden ölçülen ses basınç düzeyleri fast ve impulse modlarında 25 ile 32 dB arasında değişiklik göstermiş ve her iki ölçümde de Bjork-Shiley Monostrut kapaklar en fazla ses üreten kapaklar olarak dikkati çekmiştir. Bu konuda Carbomedics ve Ultracor en az ses üreten kapaklar olmuşlardır. 10 cm mesafe insan kulağına olan uzaklık açısından hastanın duyduğu rahatsızlığı değerlendirmede önem kazanmaktadır. Bjork-Shiley Monostrut ve Sorin kapak takılan hastaların diğer iki kapağı taşıyan hastalara nazaran daha yüksek oranda rahatsızlık dile getirmiş olmaları ölçülen ses basınç düzeyleri ile paralellik göstermektedir. 100 cm uzaklıktan yapılan ölçümler daha ziyade çevredeki insanların kapak seslerini duyma ve bundan rahatsızlık duymaları açısından önemli olup bu uzaklıkta Bjork-Shiley Monostrut yine en fazla ses üreten kapak olmuş ve çevredeki insanların tamamı tarafından duyulduğu tesbit edilmiştir.

Frekans bantlarına göre yapılan ölçümlerde tüm kapak seslerinin özellikle düşük ve yüksek frekanslarda daha fazla ses ürettiği dikkati çekmiş, 500 Hz ile 4 kHz arasında ise daha düşük düzeyde ses basınç düzeyleri kaydedilmiştir, insan kulağının bu frekans aralığında ses algılamasının en kolay ve en az enerji gerektirdiği gözünü ne alındığında kıyaslamaların bu frekans aralığında yapılması daha anlamlı bulunmuştur. Ses basınç düzeyleri bakımından orta frekans bantlarında Ultracor

en sessiz kapak olup sırası ile Carbomedics ve Sorin Bunu izlemişlerdir. Bjork-Shiley Monostrut valvi ise en gürültülü kapak olmuş, ancak hastaların dile getirdiği şikayetler dikkate alındığında bu frekans bantlarında daha az ses üretmiş olmanın kapak sesine bağlı şikayetleri azaltmadığı görülmüştür.

Sonuç olarak tüm mekanik kapakların çıkardıkları ses nedeni ile hastaları belirli düzeylerde rahatsız ettiği ve bunun kapağın ürettiği sesin şiddeti ve frekans dağılımı ile yakından ilgili olduğu açıktır. Mekanik kapak seçiminde kapakların ürettikleri ses diğer özelliklerin yanında önemli bir kriter olarak alınmaktadır. Hastaların mekanik kapakların ürettikleri ses nedeni ile duydukları rahatsızlığın daha dikkatli biçimde kaydedilerek değerlendirilmesi ve bu konuda yapılacak araştırmalar kapak üretim firmalarını mühendislik boyutunda daha kapsamlı araştırmalara teşvik edecektir.

Kaynaklar

1. Hylan JC, Kloster FE, Herr RH, Starr A, Criswold HE. Sound spectrographic diagnosis of aortic ball variance: Circulation 19%; 39: 849-858.
2. Soubank D W, Yoganathan A P, Hamsem EC, Corcoran WH. A quantitative method for the in vitro study of the sound produced by prosthetic aortic heart valves. Part II: An experimental, comparative study of the sound produced by a normal and simulated abnormal Starr Edwards series 240Ü aortic prosthesis. Med and Bio Eng and Comput 1984; 22: 40-47.
3. Moritz A, Kobinia G, Steinseifer U, Wolters H, Reul H, Neuwirth RK. Noise level and perception of the closing clic after heart valve replacement with. St Jude Medical and Bjork Shiley Monostrut prostheses. Artificial Organs 1990; 14 (5): 373-376.
4. Moritz A, Steinseifer U, Kobina G, Neuwirth RK, Wolters H, Reul H. Closing click of St. Jude Medical and Durumedics Edwards biluaflet valves: Complaints created by valve noise and their relation to sound pressure and hearing level. European Heart Journal 1991; (12): 673-679.

5. Limp D, Kay PH, Murday AJ. Problems associated with mechanical heart valve sound. *Eur J Cardio-Thorac Surg* 1992; (6): 618-620.
 6. Köymen H, Altay BK, İder YZ. A study of prosthetic heart valve sounds. *IEEE Trans Biomed Eng* 1987; (34): 853-863.
 7. Thulin LI, Reul H, Giersiepen M, Olin CL. An in vitro study of prosthetic heart valve sound. *Scand J Cardiovasc Surg* 1989; (23): 33-37.
 8. Moritz A, Steinseifer U, Kibinia G, Neuwirth RK, Wolters H, Reul H. Closing sounds and related complaints after heart valve with St. Jude Medical, Duromedics Edwards, Björk-Shiley Monostrut, and Carbomedics prostheses. *Br Heart J* 1992; (67): 460-465.
 9. Kafesjian R, Wieting D, Stobie R. Heart valve sewing ring compliance: The effect on closing impact forces and cavitation bubbles (abstract). *Int J Artif Organs* 1990; (13): 607.
-
- Yazışma adresi:** Dr. Atilla Sezgin, Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi Kalp Damar Cerrahisi Anabilim Dalı, Bahçelievler - Ankara.
-