

EKG İŞARETLERİ İLE KALP SESLERİNİN EŞZAMANLI ALINMASI İÇİN ÖLÇÜM DÜZENEGİ

Semra KEMALOĞLU¹, Sadık KARA²

¹ Erciyes Üniversitesi Halil Bayraktar Sağlık Hizmetleri M.Y.O. 38039, KAYSERİ

² Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik Bölümü, 38039, KAYSERİ

Özet: Bu çalışmada kalp seslerinin EKG işaretleri ile birlikte eşzamanlı olarak alınması için bir enstrümantasyon sistemi tasarlanmıştır. Donanımın amacı kalp kapağı fonksiyonsuzluğu olan hastalardan kalbe ait ses ve EKG bilgilerinin alınarak bilgisayara aktarılması ve görüntülenmesini sağlamaktır. Kalp seslerinin alınabilmesi için ortamdan yalıtılmış kapasitif bir dönüştürücü kullanılmıştır. EKG işaretleri ise yüzey elektrotları ile alınmıştır. Her iki işaret de ayrı ayrı kuvvetlendirme ve filtreleme bölümlerinden geçirilmiştir. Elde edilen kalp sesi ve EKG bilgileri tasarlanan bir Giriş/Çıkış kartı aracılığıyla sayısal forma dönüştürülerek bilgisayara aktarılmaktadır. Ayrıca elde edilen ses, EKG ve hastaya ait çeşitli bilgilerin görüntülenebilmesi, işlenebilmesi ve kaydedilebilmesi için Delphi programında yazılmış bir yazılım oluşturulmuştur. Yapılan bu çalışmayla hasta ses bilgilerinin dinlenerek değil, görsel olarak değerlendirilmesine imkan sağlanmıştır.

Anahtar kelimeler: EKG cihazı, Kalp sesleri

INSTRUMENTATION FOR SYNCHRONOUS ACQUIRING OF ECG SIGNALS TOGETHER HEART SOUNDS

Abstract: In this study, it was designed the instrumentation system which provided image of heart sounds synchronous ECG signals. Purpose of this system hardware has been provided to monitorize and transfer to computer of heart sounds and ECG signals acquired with from patients heart valve dysfunctions. The capacitive transducer insulated from its surrounding has been used in order to take heart sounds. ECG signals have been taken by surface electrode. ECG signals and heart sounds have been amplified and filtered separately. In following process, these signals have been transferred to computer by converting digital form via designed I/O card. Also, the software in Delphi packet has been formed in order to record, processing and monitorize to the sounds, ECG signals and various information belong to patients. In this way, the stored sound data have been demonstrated in graphics mode as alternative method instead of heart sounds listening method.

Keywords: Heart sounds, ECG devices

1. Giriş

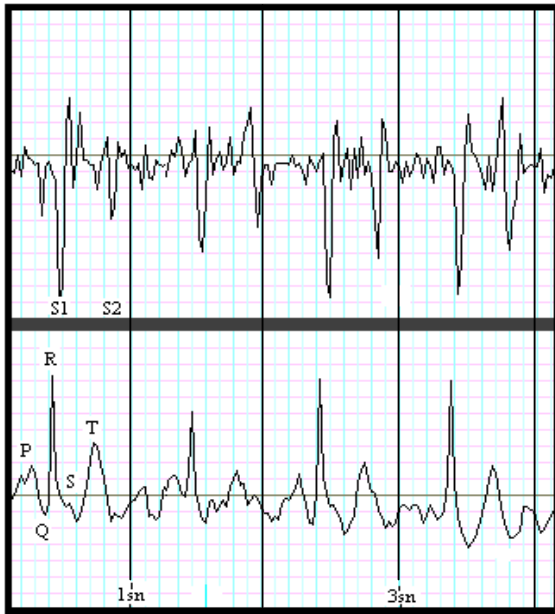
Kalbin elektriksel aktivitesi, vücut yüzeyinden işlevi esnasında meydana gelen biyoelektrik potansiyellerin kaydedilmesi suretiyle ölçülmektedir. EKG, kalp hastalıklarının teşhisi için gerek duyulan bir laboratuvar testidir. Bir insan kalp hastası olduğu halde normal bir EKG' si olabildiği gibi sağlıklı bir insanın da anormal bir EKG' si olabilir [1]. EKG işaretlerinin yanısıra kalbin diğer bazı fonksiyonlarının tespit edilebilmesi için kalp seslerinin kaydedilerek değerlendirilmesi (Fonokardiogram) ihtiyacı doğmuştur.

Kalbin dinlenmesi (Oskültasyon) kalbin fonksiyonel doğruluğunun en hassas testlerinden biridir. Çok kez kalp sesleri içerisindeki değişiklikler veya üfürümler, organik kalp hastalığının belli işaretleridir. Bunlar kardiyovasküler sistem içerisindeki önemli basınç değişikliklerine bağlı bulgu ve semptomlar ortaya çıkmadan saptanabilirler [2].

Kalp sesleri ve mırımların oluşumu ile ilgili 40'tan fazla teori vardır [3]. Bu sesler genel olarak miyokardiyal

duvarların hareketlerinden, kapakların açılma ve kapanmasından, odacıkların dışına ve içine kanın akması ile üretilir.

Kalp seslerinin oluşumu, sağlıklı bir insandan tasarladığımız donanım ile kaydedilmiş EKG ve kalp seslerini birlikte gösteren Şekil-1 üzerinde açıklanmaktadır. Sinüs düğümünün kendi kendini uyarması ve uyarının kulakçıklarda yayılması (P dalgası) esnasında sol kulakçık basıncı, sol karıncık basıncından fazladır. Daha sonra uyarının bütün karıncıklarda yayılması EKG’ de QRS dalgası olarak gösterilir. Bu an karıncığın depolarizasyona başladığı andır. Karıncıkta yayılan uyarı karıncık kaslarını uyarır ve karıncığın kasılmasını sağlar, sol karıncıktaki basınç yükselmeye başlar ve sol kulakçık basıncına ulaşınca kulakçık-karıncık kapakçıkları (Mitral ve Triküspit) kapanır. Bu anda birinci kalp sesi (S1) ortaya çıkar. Normalde mitral kapak triküspit kapağından önce kapanır.



Şekil.1. Kalp sesleri ile eşzamanlı ekg işaretleri

sesin frekans bandı 50-70 Hz ve süresi 25-50 ms dir.

Karıncık iç basıncı kulakçık iç basıncının altına indiği anda mitral ve triküspit kapaklar açılır ve karıncıklar kanla dolmaya başlar. Karıncıklara kanın hızla dolması anında, karıncık kaslarının titreşimleri üçüncü kalp sesini oluşturur (S3), gençlerde normal olarak duyulabilir ancak yaşlılarda miyokard fonksiyon bozukluğunun göstergesidir. Bu ses, Aort kapanma sesinden yaklaşık olarak 150 ms sonra ortaya çıkar.

Karıncıkların doluşunun son kısımlarında, kulakçıkların depolarizasyonu ile yeniden hızlanan kan akımı gene karıncık duvarlarını titreştirerek bazı patolojik durumlarda dördüncü kalp sesini oluşturur (S4). 4. ses normalde yetişkinlerde duyulmaz ama çocuklarda bazen duyulabilir.

Bu 4 ses basit kalp sesi olarak bilinir. Bunların haricinde bazı kalp rahatsızlıklarında üfürüm şeklinde sesler oluşmaktadır. Mırmır da denebilen bu üfürüm şeklindeki sesler 100-600 Hz frekans bandında ve genellikle basit kalp seslerine göre daha uzun sürelidir [4].

Şekil-1’ de görüldüğü gibi EKG’ deki dalgası ile birlikte Mitral ve Triküspit kapakçıkların kapanmasından, T dalgası sonunda Aort kapakçığının kapanmasına kadar geçen süreye kalbin sistolik zamanı, tekrar mitral ve triküspit

Bundan dolayı birinci kalp sesinin mitral ve triküspit olmak üzere iki elemanı vardır. Frekans bandı 20-45 Hz ve süresi ise 50-100 ms kadardır. Karıncık basıncı artmaya devam ederek Aort basıncının üstüne çıktığı anda Aort kapakçığı ve hemen ardından pulmoner kapakçık (Akciğer atardamar kapakçığı) açılır ve kanın karıncıklardan atılması başlar. Karıncık kaslarının büzülmeyle Aort basıncı sol karıncık basıncını takip eder. Karıncık kaslarının büzülmesi EKG de QRS kompleksi ile gösterilmektedir. Karıncık kaslarının repolizasyonu ise T dalgası ile gösterilir. Karıncık kasları gevşerken karıncık basıncı da düşmeye başlar.

Karıncık iç basıncı aort basıncının altına indiği anda aort kapakçığı kapanır. Bunu Pulmoner kapakçığının kapanması izler. Bu iki kapakçığın arka arkaya kapanmaları ikinci kalp sesini (S2) oluşturur. Bu

kapakçıkların kapanmasına kadar geçen süreye de diastolik zamanı denir[5].

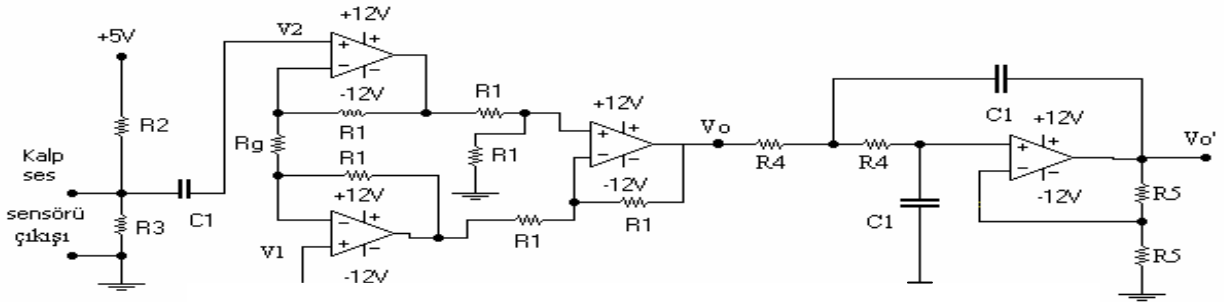
Ülkemizde romatizmal kalp kapağı hastalıkları batı ülkelerine göre daha sık görülmektedir. Mekanik kalp kapağı takılan hastalara hayat boyu kan pıhtılaşmasını geciktiren antikoagulan tedavi yöntemi uygulamaları gerekmektedir. Bu tedavide kanın pıhtılaşması coumadin vererek geciktirilir [6, 7].

Sosyoekonomik koşullar sebebiyle yeterli hasta uyumu sağlanamamakta ve titizlik gerektiren bu ilacın kullanımı rastgele olmaktadır. Bu nedenle kapakçıkların çevresinde oluşabilecek pıhtılar hem hayâti organlara atılabilir - örneğin beyne giden bir pıhtı felce sebep olabilir- hem de kapak hareketlerini bozabilir. Bozulan kapak hareketleri ile hastanın belki de ikinci kez ameliyat olması gerekebilir. Ancak bu pıhtılaşma mekanizması yavaş seyirlidir aniden ameliyata götürecek düzeye ulaşmaz.

Kapak hareketi bozulmaya başladığında önce açılma ve kapanma sesinde bozulma ve süreç içerisinde tam kapakçık hareketsizliğine kadar gidilir. Kapak hareketi çok iyi bile olsa yerleşmeye bağlı pıhtı sebebiyle seslerde bozulma olur. Ancak bunun sağlıklı bir şekilde değerlendirilebilmesi için o hastanın eski kapak ses analizlerinin de elde olması gerekir. Üstelik seslerin süresinin ve yerlerinin tespitinde yapılabilecek hataları ortadan kaldırmak içinde EKG işareti ile birlikte görmek daha faydalı olacaktır.

2. Sistem Donanımı

Kalp seslerinin alınmasını ve filtrenmesini sağlayan elektronik donanım Şekil-2' de verilmiştir. Kalp seslerinin alınmasında dönüştürücü olarak steteskobun içine yerleştirilerek ortamdaki yalıtılmış kapasitif bir mikrofona kullanılmıştır[8]. Dönüştürücünün çalışma voltajı: 5-12V (DC), mikrofona bandgenişliği: 20-300Hz dir. Şekildeki R_1 dirençleri $10k\Omega$, R_g $1k\Omega$ seçilerek uygun kazanç elde edilmiştir. Steteskop birinci kalp sesinin en yüksek duyulduğu apex bölgesi üzerine konulup ölçüm yapılmıştır. Kullanılan filtrenin kesim frekansı 75 Hz' dir.



$$R_2=10k\Omega, R_3=47k\Omega, R_4=2,2k\Omega, R_5=4,7k\Omega \text{ ve } C_1=1\mu F$$

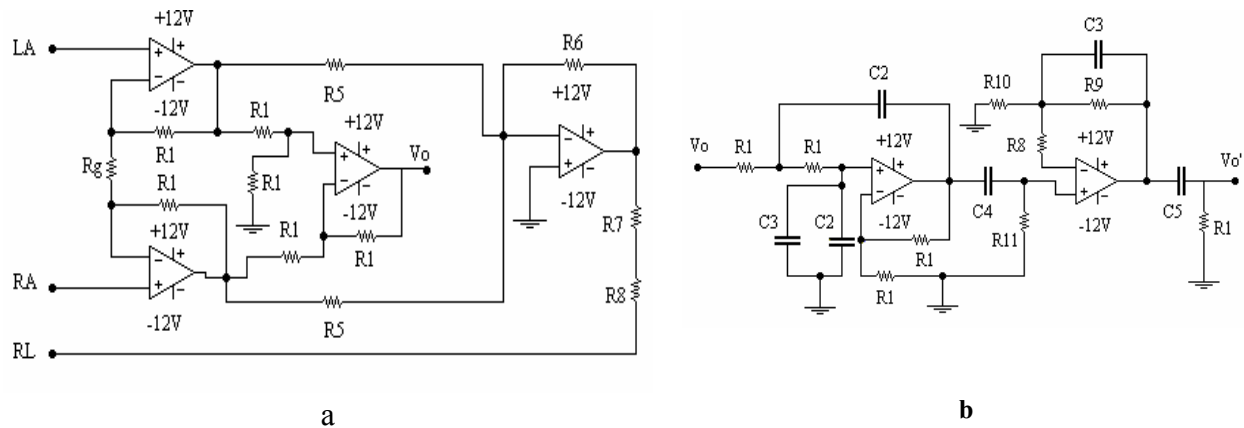
Şekil-2. Kalp ses işaretlerinin alınması ve filtrenmesi için kullanılan devre

EKG işareti ise, sağ kol (RA), sol kol (LA) ve sağ bacadan (RL) yüzey elektrodları ile elde edilmiştir. Kalp sesi işareti ile eşzamanlı EKG işaretini görmek amacından dolayı sadece bir derivasyon (D1) yeterli olmaktadır. Biyolojik işaretlerin yükseltilmesinde, yüksek giriş empedansına sahip ve çok iyi bir izolasyon kuvvetlendiricisi olma özelliği ile en uygun kuvvetlendirici olarak bilinen enstrümantasyon kuvvetlendiricisi kullanılmıştır[9]. EKG işaretinin kuvvetlendirilmesi sırasında farklı olarak, farklı kuvvetlendiricisi çıkışındaki işaret, eş dirençle ortalanıp sağ bacak sürücüsü üzerinden hastanın sağ bacağına verilmektedir. Vücuttan alınan ortak moddaki işaretler ters faza çevrilerek tekrar vücutta verilir geribesleme sağlanmıştır. Böylece ortak modlu işaretler yok edilmiştir[10].

Filtre bölümünde ise, 150 Hz'lik kesim frekansına sahip alçak geçiren filtre kullanılmıştır. Şekil-3(a)'da EKG işaretlerinin alınması ve (b)'de EKG işaretlerinin filtrelenmesi için kullanılan elektronik devre şeması görülmektedir.

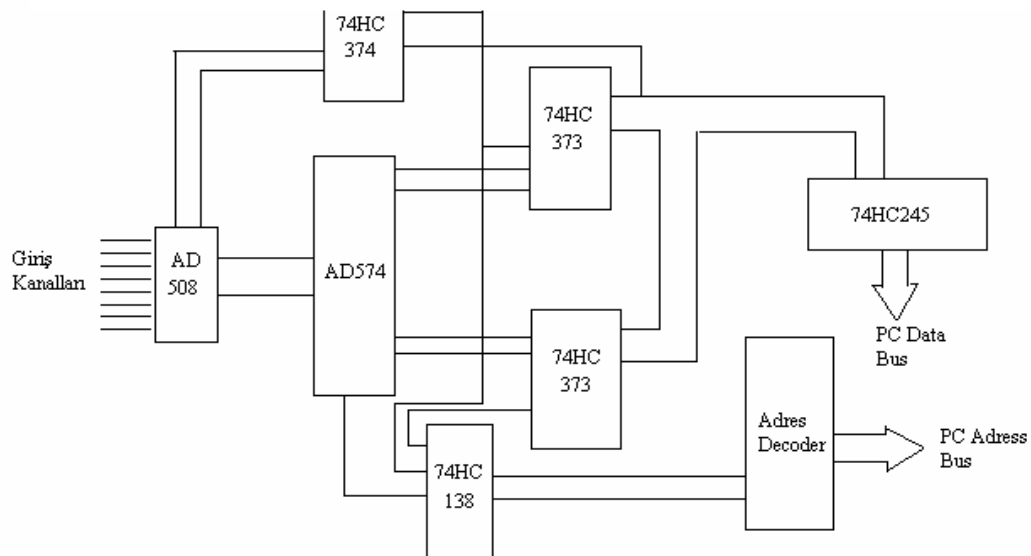
Şekilde $R_1 = 10k\Omega$, $R_g = 560\Omega$ olarak seçilmiştir. Filtre devresinde ise R_1 , C_2 ve C_3 uygun seçilerek istenilen kesim frekansı ayarlanmaya çalışılmıştır. Opamp olarak LF351 elemanı kullanılmıştır.

Sistemin, kalp ses ve EKG İşaretlerinin bilgisayara aktarılmasını sağlayan I/O kartı bölümünde PCL-711 giriş/ çıkış kartı kullanılmıştır. A/D çevirici olarak, 12 bitlik çevrim yapabilen ve maksimum çevrim süresi 35 μs olan AD574 seçilmiştir. Çevirici çıkışındaki her bir değişim 2.44 mV'a karşılık gelmektedir. Kartın giriş kısmında bulunan multiplexer elemanı ile aynı anda 8 bilgi girilebilir. Bu çalışmada sadece 2 giriş ucu kullanılmıştır.



Şekil-3. EKG işaretlerinin; (a) alınması için kullanılan devre , (b) filtrelenmesi için kullanılan devre

$R_1 = 10k\Omega$, $R_5 = 100k\Omega$, $R_6 = 220\Omega$, $R_7 = 1,8M\Omega$, $R_8 = 690k\Omega$, $R_g = 500\Omega$, $R_9 = 390k\Omega$, $R_{10} = 4,7k\Omega$, $R_{11} = 590k\Omega$, $C_2 = 10nF$, $C_3 = 82nF$, $C_4 = 3,3\mu F$, $C_5 = 33\mu F$.

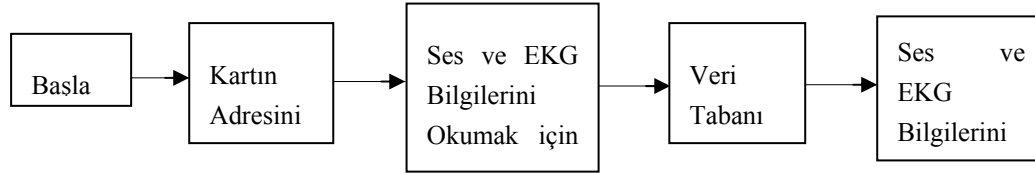


Şekil-4 I/O Kartının blok diyagramı

3. Sistem Yazılımı

Yazılım Delphi programlama dili ile yapılmıştır. Kartın programlanmasında port adresi(240Hex)+12 A/D çeviriciyi tetikler, port adresi(240Hex)+4 az ağırlıklı bitleri, port adresi+5 yüksek ağırlıklı bitleri okumaktadır. Oluşturulan veri tabanı ile hastaya ait bilgiler dosyalanabilmektedir. Yazılıma ait programın özetleştirilmiş akış diyagramı aşağıda Şekil-5’de verilmiştir

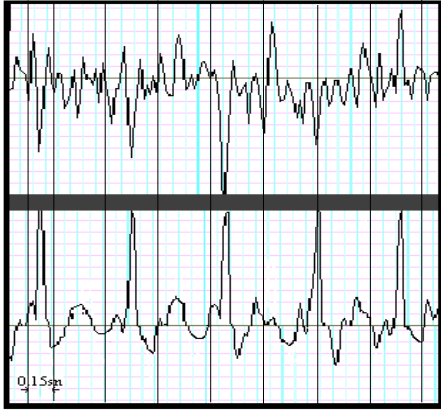
Hazırlanan yazılım ile Dosya, Düzen, Kayıt, Grafik, Yardım olmak üzere menüler oluşturulmuştur. Dosya menüsünde hastaların bilgilerinin girildiği yeni formu, kayıtlı hastaların listelendiği aç formu, kaydet, yazdır ve kapat seçenekleri vardır. Kayıt menüsünden kayıda başla ve kayıdı durdur seçenekleri ile çizdirme işlemi başlamakta ve durdurulmaktadır. Grafik menüsündeki Ses-EKG seçeneği ile iki işaret eşzamanlı çizdirilmektedir. Ses işareti seçeneği ile sadece kalp sesi, EKG işareti seçeneği ile sadece EKG işareti çizdirilmektedir. Bunun yanı sıra zaman ekseninde kaydedilen ses işaretlerinin, tıbbi teşhis açısından yapılabilecek hataları en aza indirmek amacıyla, frekans eksenine taşınarak ve güç spektrumları çizdirilmektedir. Ayrıca kalp ses işaretinin sürelerinin tespiti ve güç spektrum grafiğinin alan hesabı yapılmaktadır. Böylece grafiklerin birbirleri ile karşılaştırılabilmesine imkan sağlanmaktadır[11].



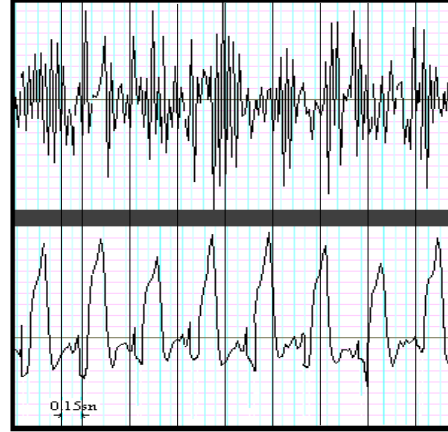
Şekil-5. Yazılıma ait programın akış diyagramı

Oluşturulan sistem operasyon bekleyen ve kalp kapak hastalığı olan bir çok hasta üzerinde çalıştırılmıştır[8]. Aort darlığı ve koroner arter hastalığı olan bir hastanın kalp ses işareti ile EKG işaretinin eşzamanlı görüntüsü Şekil-6’da verilmektedir. Hastada tespit edilen üfürümler işarete gürültü şeklinde kendini göstermektedir. Aort darlığında beklenen üfürüm tipi sistolik ejeksiyon üfürümüdür ve bu üfürüm sistol sırasında duyulur.

Aort darlığı ve yetmezliği olan diğer bir hastaya ait kalp sesi ve EKG işaretlerinin eşzamanlı görüntüsü ise Şekil-7’de görüldüğü gibidir. Aort darlığı ve yetmezliğinde beklenen üfürüm tipi sistolik ejeksiyon ve diastolik çekici üfürümdür. Bu üfürüm hem sistol hem de diastol sırasında ortaya çıkar.



Şekil-6. aort darlığı ve koroner arter hastalığı olan bir hastanın kalp ses işaretini ile EKG işaretinin eşzamanlı grafiği



Şekil-7. Aort darlığı ve yetmezliği olan diğer bir hastanın EKG ve kalp ses grafiği

4. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada kalp ses işaretlerinin EKG işaretleri ile zaman ekseninde eşzamanlı olarak çizdirilmesi yapılmış ve hastalara ait veri tabanı hazırlanmıştır. Sistem, Erciyes Üniversitesi Gevher Nesibe Hastanesi Kardiyoloji bölümündeki çeşitli kapak rahatsızlığına sahip pek çok hastada çalıştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar ile kalp kapağı rahatsızlığındaki belirteçler kalp sesleri üzerinde de kendini göstermiştir. Hazırlanan veri tabanı ile sonuçlar hastanın diğer sistemler ile elde edilen tetkik bilgilerine yardımcı olmak üzere depolanabilmektedir. Kalp kapağı ameliyatı geçirmiş metalik kapak takılan hastaların ameliyattan sonraki dönemlerde yapılacak kontrollerinde, kalp ses işaretleri ile EKG işaretlerini eşzamanlı olarak takip etmek de çok faydalı olacaktır.

Çalışmanın ikinci etabında, sonucu daha sağlıklı bir şekilde değerlendirmek için işaretleri frekans eksenine taşıyıp güç spektrumları çizdirilecektir. Ayrıca ses işaretine ait çeşitli matematiksel hesaplamalar yapılacaktır.

Kaynaklar

1. Erol, H.A., 'Elektrokardiografi', Ankara, 1988.
2. Robert, F., Rushmer, M. D., Cardiovascular Dynamics, W.B. Saunders Company, 1976.
3. McKusick, Cardiovascular Sound in Health and Disease, Baltimore: The Williams & Wilkins Company, 1958.
4. Körpe C., Kalp Seslerinin Değerlendirilmesi, İTÜ, Fen Bilimleri Yüksek Lisans Tezi, 1985.
5. Kemaloğlu, S., Kara, S., Tezcaner T., Kalp Seslerinin EKG İşaretleri İle Birlikte Eşzamanlı Alınması ve Bilgisayarla Analizi, Biyomedikal Mühendisleri Toplantısı (BİYOMUT), 59-63, İstanbul, 25-27 Kasım 2000.
6. Hardman, J.G., Limbird, L.E., Molin, P.B., Ruddon, R.W., Gilman, A.G., The Pharmacological Basis of Therapeutics, The McGraw Hill Companies, USA, 1346-1351, 1996
7. Braunwald E., Valvular Heart Disease, W.B. Saunders Company, USA, s, 1007-1077, 1992.
8. Kemaloğlu, S., Kalp Seslerinin EKG İşaretleri İle Eşzamanlı Alınması ve Bilgisayarla Analizi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2001.
9. Howard, M.B., Frank C.G., Jr., Fundamentals of Operational Amplifiers And Linear Integrated Circuits, Merrill Publishing Company, 1990.
10. Korürek, M., Tıp Elektroniklerinde Tasarım İlkeleri, İstanbul, İTÜ Yayınları, 1996.
11. Kara, S., Kemaloğlu, S., Kalp Kapağı Sonrası Fonokardiyografik Seslerin Değerlendirilmesi, 9. IEEE Sinyal İşleme ve Uygulamaları Kurultayı, 198-203, Gazimağusa K.K.T.C, 25-27 Nisan 2001.