

Kalp Yetersizliğinde Dekompansasyonunun Bir Markeri Torasik İmpedans

Kalp Yetersizliğinde Dekompansasyonun Önemi- Avrupa çapında yapılan bir anket, kalp yetersizliği ile hastaneye kaldırılan hastaların% 65'ine kadar geçmişte kronik kalp yetmezliği öyküsü olduğunu göstermiştir². Bu tür kabuller genellikle uzundur ve ortalama süresi 11 gündür. Hastane içi mortalite% 6,9 olarak bildirildi ve 12 haftada mortalite% 13,5'e yükseldi, yeniden hastaneye yatma riski ise% 24'tür². Yeniden hastaneye yatma riskini azaltmaya yönelik son çabalar, büyük ölçüde, ilaca uyumu sağlamak ve özellikle hastaneden taburcu olduktan sonraki erken dönemde dekompanseasyon belirtilerinin erken tespiti için hastalarla çalışan çok-disiplinli hastalık tedavi ekiplerine odaklanmıştır.

klinik pratikte KY sendromu kontrolünün izlenmesi genellikle nispeten basittir. Doktorlar, artan bağımlı ödem veya akciğer oskültasyonunda krepitasyonların tespit etmek için klinik muayeneye egzersiz toleransı ve nefes darlığı, vücut ağırlığındaki değişiklikler gibi objektif değerlendirmeye güvenir. Bu tür önlemler mükemmel olmaktan uzaktır - kronik KY'de, yüksek ve muhtemelen yükselen pulmoner kapiller uç basıncına rağmen birçok hasta belirgin klinik belirti veya semptomlara sahip olmayabilir. B-tipi natriüretik peptidlerin seri ölçümü dahil olmak üzere, KY kontrolünü değerlendirmek için implante edilebilir hemodinamik monitörler ve implante edilebilir intratorasik empedans monitörleri. Dahil çeşitli, daha karmaşık yöntemler önerilmiştir.

Kalp yetersizliği, kalbin pompalama fonksiyonunun yapısal ve / veya mekanik , fonksiyonel anormallikleri ile başlayan progresif sistemik bir sendromdur. Mekanik bozukluklar, primer olarak kalbin kasılmasını, sıvı ve sodyum retansiyonu, periferik vazokonstriksiyonu ve miyokardiyal remodelingi arttıran bir dizi nörohormonal adaptasyonlara neden olur. Bu tür değişiklikler geçici olarak kalp debisi ve etkin dolaşım ile hemodinamik stabilitenin korunmasına yardımcı olur; ancak süreç sonunda ilerleyen ventriküler remodeling kötüleşerek miyokardiyal dejenerasyon ile yapısal bozukluğa ve kalp fonksiyonunun bozulmasına gider ; sıvı regülasyonunun bozulmasına, solunum ve sistemik doku perfüzyon sorunlarına ve hemodinamik instabilitenin neden olduğu semptomlara katkıda bulunur. Akut olayların ortaya çıkması veya tekrarlaması KY'nin özellikle miyokardiyal patolojik progresyona katkıda bulunur(Fig- AO); akut KY sendromları için her kabulde kısa süreli düzelme görülür ancak hastalar daha fazla bozulan hastalar altta yatan kardiyak fonksiyon ve sık kötüleşen KY ile yeniden hastane yatışı ve geç dönemde daha yüksek mortalite riskleri ile hastaneden ayrılır. Her KY olayının tekrarı ile hasta hayatta kalsa dahi geç dönem prognozu olumsuz etkiler ve sağkalım şansını daha da düşürür.

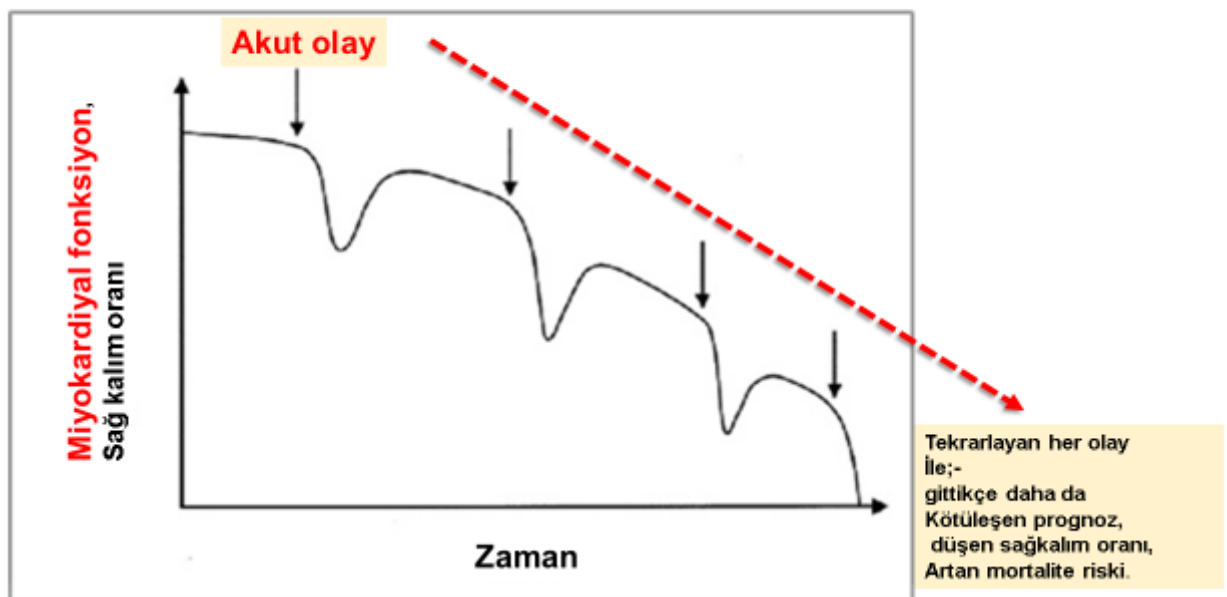


Fig –Ao. Akut olayların kalp yetersizliğinin ilerlemesine katkısı ve olumsuz etkileri. Tekrarlayan akut KY atakları hastanın geç prognozunu ve sağkalımını, beklenen yaşam kalitesini olumsuz etkilemektedir.

(Gheorghiade M, De Luca L, Fonarow GC, Filippatos G, Metra M, Francis GS. Pathophysiologic targets in the early phase of acute heart failure syndromes. *Am J Cardiol.* 2005;96[suppl]:11G-17G).

Başlarken:

Kalp yetersizliği nedeniyle hastaneye yatış, toplumsal büyük bir sağlık ve sosyoekonomik yüküdür. Ek olarak, KY'ye bağlı hastaneye yatış, % 4'lük tahmini hastane içi mortalite ile hastalarda kötü prognoza işaret etmektedir (Journal of the American College of Cardiology, vol. 46, no. 1, pp. 57–64, 2005).

KY'nin hastaneye kaldırılmasının azaltılmasında önemli bir anahtar, KY alevlenmesinin erken tanınmasıdır ve bu da, hastane ziyaretlerine gerek kalmadan KY'nin hızlı teşhisine ve tedavisine yol açabilir. Ne yazık ki, yatak başı klinik parametreleri, KY hastalarının gerçek hacim durumunu değerlendirmede genellikle güvenilir olmayıp, yanıltır (Journal of the American Medical Association, vol. 261, no. 6, pp. 884–888, 1989.). Dahası, KY'nin hastaneye kaldırılmasına yol açan semptomlar genellikle dekompanasyon sürecinde daha sonra ortaya çıkar. Örneğin, akciğer tıkanıklığına bağlı nefes darlığı, hastaneye kaldırılmadan önceki ortalama 3 gün içinde rapor edilmiştir (New England Journal of Medicine, vol. 333, no. 18, pp. 1190–1195, 1995/ Journal of the American College of Cardiology, vol. 44, no. 4, pp. 810–819, 2004). Sonuç olarak, bu hastalarda KY alevlenmelerinin hızlı bir şekilde tanınması ve tedavisini kolaylaştıran stratejiler geliştirmeye büyük ilgi vardır.

Bu Böyle bir yenilik, hacim aşırı volüm yükünün belirtilerini değerlendirmek ve KY alevlenmesinin başlangıcını tahmin etmek için cihaza- dayanan tanısal parametrelerin kullanılmasıdır.

Bu fonksiyonlar, belirli ICD ve CRT cihazlarının platformlarına entegre edilmiştir. Bunlar klinisyenlere yabancı olmayıp bilinen ve kullanıma hazır kolayca sağlanabilir. ICD ve CRT'nin sürekli genişleyen endikasyonları

tedavi, bu cihaz bazlı teşhis parametrelerini HF bakımında vazgeçilmez bir araç haline getireceği umulmaktadır

Intratorasik İmpedans- Göğüs içi empedansı ölçerek torasik sıvı durumunun değerlendirilmesi, klinik uygulamada bulunan en yeni cihaz tabanlı tanı aracıdır. Bu, akciğerlerdeki sıvı hacmindeki değişikliklerin intratorasik empedansı değiştireceği görüşüne dayanmaktadır (American Heart Journal, vol. 85, no. 1, pp. 83–93, 1973/ American Journal of Cardiology, vol. 99, no. 10, pp. S3–S10, 2007). 'OptiVol' sıvı durumu izleme algoritması (Medtronic, Inc., Minneapolis, ABD) çağdaş ICD ve CRT-D platformlarına dahil edilmiştir. Bu sistemlerde, intratorasik empedans vuru/uyarı üretici (genellikle sol pektoral bölgeye implante edilir) ile ICD elektrodunun sağ ventriküler kablonun sarımı arasında ölçülür. Bu vektör, sol göğüs boşluğunun çoğunu kapsar ve cihaz tarafından ölçüldüğü şekliyle intratorasik empedansı tanımlar. Ohm yasası kavramını kullanarak, hemitoraks boşluğunun empedansı puls üretici ile ICD elektrot kablosu arasında küçük bir alternatif akımın verilmesi üzerine ölçülür. Sıvı (su, kan) oldukça iletken bir ortam olduğundan, akciğerlerde sıvı birikmesi intratorasik empedansı düşürecektir.

Giyilebilir tekstil/dokuma (band-)elektrotlarından elde edilen TTI (*Transthoracic impedance spectroscopy*) ölçümleri (Bant elektrod yöntemi de denir), hasta sağlığını uzaktan ve invaziv olmayan bir şekilde izlemek için potansiyel olarak bir araç sağlayabilir. Bununla birlikte, solunum ve kardiyak süreçler, göğüs kafesindeki geometri ve hava veya sıvı hacimlerindeki değişikliklere duyarlı oldukları için kaçınılmaz olarak TTI ölçümlerini etkiler.

Empedans spektroskopisinin vücut üstü, yüzeyden ölçümleri, kronik KY için yeni ve etkili tedavi stratejileri sağlayan anahtar unsurlar olan potansiyel sıvı birikmesi ve kojesyon gibi önemli sağlık markerlerinin invazif olmayan izlenmesi için bir araç sağlayabilir. Bunu bir tele sağlık ev izleme ortamında başarmak için, gürültü ve / veya varsayılan ölçüm protokolünden hafif sapmalar olması durumunda. empedans spektroskopisi ölçümlerinin toplanması kolay ve sağlam olmalıdır. TTI ölçümleri için böyle bir katkı, deneğin solunumudur. ölçüm süresi boyunca Solunum, alveollerin ve göğüs kafesinin yapısını ve bileşimini değiştirir; bu, ölçüm süresinin fizyolojik değişimden daha yavaş olduğu frekans tarama tekniklerine dayalı TTI tahminleri için zorluk teşkil eder. Bir başka katkıda bulunan varsayılan duruştur. Postüral değişiklikler, ilgili organ hareketleri ile hem torasik hem de abdominal şekli etkiler ve ölçümler arasında farklılıklara neden olabilir. Bu, tahmini TTI parametrelerinde ve hasta sıvı durumunun yorumlanmasında hatalara yol açabilir.

Hemodinamiğin Belirlenmesinde KY'de Empedans Ölçümünün Güncel Uygulamaları

Kardiyak fonksiyonu değerlendirmek için, atım hacmi ve kalp debisinin hesaplamaları kardiyak siklusun doğasında bulunan çeşitli faktörlere dayanır .

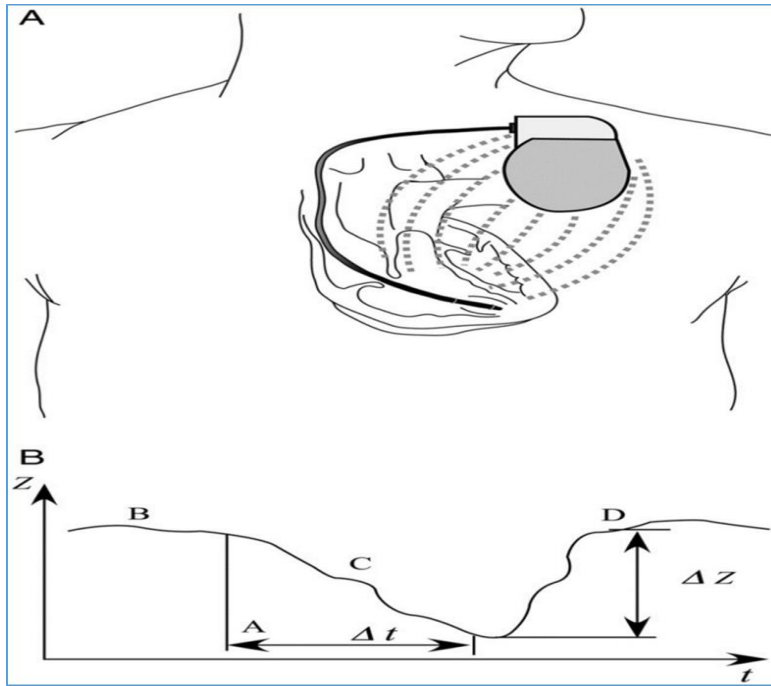


Fig -2: A- İmplant edilen Elektrod ile İmpedans Ölçümü. İmplant edilen elektrod tekniğinin şematik gösterilmesi. **B-** Varsayımsal bir aşırı sıvı yükü için cihaz tabanlı sıvı izleme empedans Z 'nin grafiği. **B-** noktası, aşırı sıvı yükü olmadığında temel empedanstır. **C- noktası**, Δt tarafından verilen birkaç gün veya hafta boyunca pulmoner sıvı birikmesi ile empedanstaki sabit düşüşü işaret eder ve **D- noktası**, uygulanan diüretik tedavisi ile temel empedans ΔZ 'nin restorasyonunu takip eder.

(*Am Heart J* 2009;157:402-11)

Kalp fonksiyonunu değerlendirmek için, atım hacmi ve kalp debisi hesaplamaları kardiyak siklusun doğasında bulunan birkaç faktöre dayanır.

(**Fig- 2**)'da empedans sinyalinin varsayımsal bir şemasını göstermektedir(A'da). Kardiyak siklustaki olaylar empedans sinyali üzerindeki konumları ile ilişkilidir. Modern algoritmalar, band elektrot yöntemini kullanırken

vücut boyutları, SV ejeksiyon süresi, ölçülen dayanak empedansı ve empedansın ilk türevi dahil olmak üzere birçok ölçülen değişken kullanmıştır. *Atım hacmi*, sistol sırasında aortun büyüklüğü ve hacmindeki değişiklikler ölçülerek hesaplanabilirken, oysa atım hacmi ve kalp hızı ürünleri tahmini *kalp debisini* oluşturabilir; CPO (cardiac power output [kardiyak güç debisi])^{*} ise kalp debisi ve ortalama arteriyel basınç ürününü sağlayabilir.

***- Şu denklem ile hesaplanır:** $CPO = \text{ortalama arteriyel basınç [mmHg]} \times KD [L/dk] \times K [K = 0.22 \text{ (dönüştürme faktörü)}]$; ve vücut yüzey alanına endekslenir; Kardiyak güç indeksi (CPI) $[W/m^2] = CPO [W] / \text{vücut yüzey alanı [m}^2]$.
KD- Kalp debisi.

Sunulan diğer hemodinamik değişkenler arasında arteriyel kompliyans tahminleri ve çok çeşitli kasılma indeksleri bulunmaktadır. Bununla birlikte, kardiyak siklustaki geniş değişiklikler (atriyal fibrilasyon durumunda, ve AV bloklarda olduğu gibi) potansiyel olarak bu hemodinamik ölçümlerin tutarlılığını etkileyebilir. Çeşitli raporlar, standart invazif ölçümlerden elde edilenlere kıyasla biyoreaktans tekniklerini kullanarak sürekli kardiyak debi değerlendirmesinde güvenilir korelasyonlar sağlamıştır.

Hemodinamiği izlemenin temeli, hastanın klinik durumunun belirlenmesinde (konjesyonun klinik fazından önceki hemodinamik evresinde belirlenip önüne geçilmesi gibi) anlamlı ek bilgiler sağlamaktır.

- Örneğin, egzersiz CPO'su daha yüksek olan hastalar, egzersiz CPO'su düşük olanlardan daha iyi sağkalımı gösterebilirler.
 - Ek olarak, orta derecede yüksek sistemik vasküler rezistans (SVR) ile yüksek CPO, akut hipertansiyon ile ilişkili olabilirken, yüksek SVR'li düşük CPO, akciğer ödeminin karakteristiğidir.
 - Erken diyastolde (O dalgası) anormal empedans artışı ciddi KY, miyokardit veya kapak kalp hastalığına bağlanabilir. 'O dalgası' en çok diyastolik akış hızının arttığı hastalarda görülür ve geç evre KY'nin bir göstergesi olarak kullanılabilir (**Figür -1**, Solda altta B-).

Volum Durumunun Değerlendirilmesi

Doku bileşimine bağlı olarak, vücudun empedansı yüksek, yoğun sıvı alanlarında sıvı 'akımının akışına' karşı doku veya havaya göre daha az direnç sağladığından daha düşük olabilir. Bu prensip, konjestif KY'nin subklinik belirti ve semptomlarını tespit etmek için bir tanı aracı olarak kullanılır. Akciğerde sıvının birikmesi, yükselen SV dolum basınçlarına bağlı kapiller hidrostatik basıncın artması sonucundadır ve geriye doğru yetersizlik ile taşkına ve akciğer dokusunda interstisyel sıvı birikimine yol açar (**Fig-SR**).

- Bu nedenle, pulmoner ödem başlangıcında, empedans sinyali azalır ve diüretik tedavisinden sonra başlangıç seviyesine geri dönebilir.

Toraks sıvı içeriği tahminleri, toraks bölgeye yerleştirilen elektrodların yayılımına bağlı olup invaziv hemodinamik ölçümlerle korelasyon göstermesi gerekmeyebilir.

- İmplant edilen- cihaz'a bağlı olan yöntem, implant edilen cihaza dayalı yöntem, hem interstisyumun ekstravasküler sıvısını hem de intravasküler plazma hacmini içeren akciğerlerdeki hücre dışı boşluktaki sıvıyı ölçer.
- Aksine, bant elektrot yöntemi, yalnızca iç toraks empedansı ölçmek için harici empedansı çıkaran harici elektrotlar kullanır.
 - Bununla birlikte, bu bulgular konjesyondaki toplam vücut ile kompartmanlar arasında sıvı birikimindeki potansiyel farklar nedeniyle spesifik olmayabilir.
 - Sağ KY'ye bağlı sistemik konjesyonlu anlamlı periferik ödemli hastada klinik değerlendirme ile toplam vücut sıvı volumundaki artışa rağmen intratoraksik empedans sinyallerinde azalma olmayabilir. Aynı şekilde, periferik ödem eksikliği, kompartmanlı sıvı birikimi bariz olduğunda, empedans sinyallerinde hala önemli değişiklikler üretebilir.

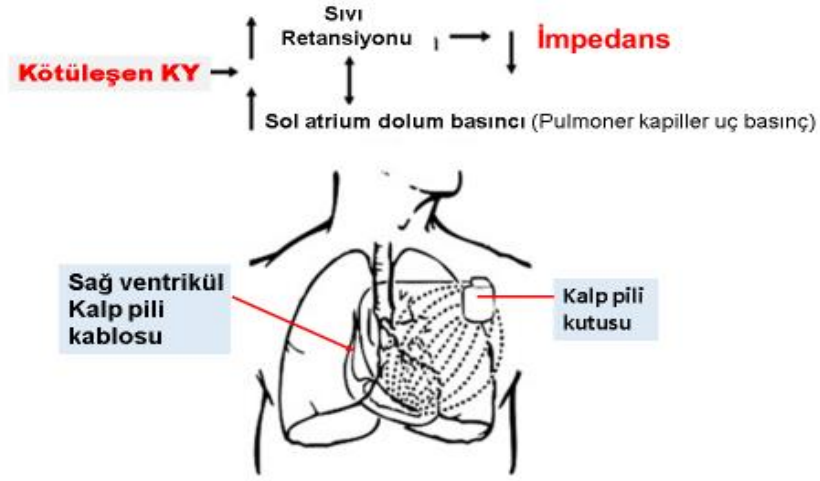


Fig- SR. Pulmoner konjesyon/ödem’de Empedans izlem izlemek. Örneğin ‘OptiVol sıvı durumu izleme sistemi’ (Medtronic, Inc., Minneapolis, MN), cihaz kasası ile sağ ventrikül kablosu arasındaki vektörü kullanarak günde birçok kez intratorasik empedansı ölçer. Kalp yetmezliği (HF) nedeniyle akciğerlerde sıvı tutuldukça empedans azalır.

Gelecekteki Riskleri Öngörme

Empedans verilerinin gelecekteki KY olaylarını öngörme yeteneği ve bu tür olayların önlenmesi İmpedansın klinikte kullanımı için son gerektir. Prospektif Değerlendirme ve Dekompansasyonun ICG (İmpedans Kardiyografi) testi ile Tanımlanması PREDICT çalışmasında; yakın zamanda KY ile hastaneye başvurduktan sonra stabilize olan kronik KY’si olan 212 hasta, her 2 haftada bir klinik değerlendirmeler kullanılarak izlendi. Bant elektrot yöntemi kullanılarak empedans verilerinin körlmesine toplanması, olağan klinik bakımda elde edildi. Olguların kendinin değerlendirdiği KY semptom ciddiyeti yükü, sistolik kan basıncı ve empedanstan türetilmiş değişkenler 14 gün içindeki kısa dönemli takipte gelecekteki dekompanseasyon risklerinin öngörücüsüyü. Bununla birlikte, birçok faktör zaman içinde bu tür dinamik riskleri etkileyebildiğinden çalışmanın başlangıcında ölçülen ne klinik ne de empedans kardiyografi değişkenleri uzun vadeli olayların öngörücüsü değildi.

- Bu sonuçlar, gözlemsel bir seride post hoc bir şekilde türetilmiş olduğundan, empedans verilerinin klinik verilerin değerlendirilmesine eklenmesi için ne açık bir şekilde katkı ne de öngörücü olmadığından büyük bir dikkatle yorumlanmalıdır.
- Bant- elektrod tekniğinde yüksek riskli değişkenler arasındaki ilişkiler de daha yüksek natriüretik peptid seviyeleri ve daha olumsuz hemodinamik bulgular ile ilişkilendirilmiştir. Bunların, KY’deki olumsuz sonuçların yalnızca törnekleri olduğu kabul edilmelidir, artan klinik fayda gösteren veriler hala eksiktir.

Birkaç gözlem serisi, keyfi bir eşliğin kullanılmasının, sonraki KY ile hastaneye yatışı tahmininde% 60 ila% 70 aralığında nispeten tutarlı bir doğruluk sağladığını ve farklı "sınır" değerleriyle değişebileceğini göstermiştir.

- Küçük bir hasta serisinde, empedans eğilimlerinin düşürülmesinin başlangıcından hastaneye yatışa - kadar geçen süre ortalama 12 ila 15 gün olmuştur, cihaza dayanan plazma natriüretik peptid seviyeleri ile ilişkili bu “ara zaman penceresi” potansiyel olarak uygun müdahaleleri reçete etmek için geniş fırsatlar sağlar. PARTNERS-HF (Program to Assess and Review Trending Information and Evaluate Correlation to Symptoms in Patients with Heart Failure) çalışmasından elde edilen ön veriler, 100 Ω günlük bir eşikte empedans trendlerindeki değişikliklerin sonraki bir HF olayına sahip olma olasılığının 3,5 kat daha fazla olduğunu gösterdi.

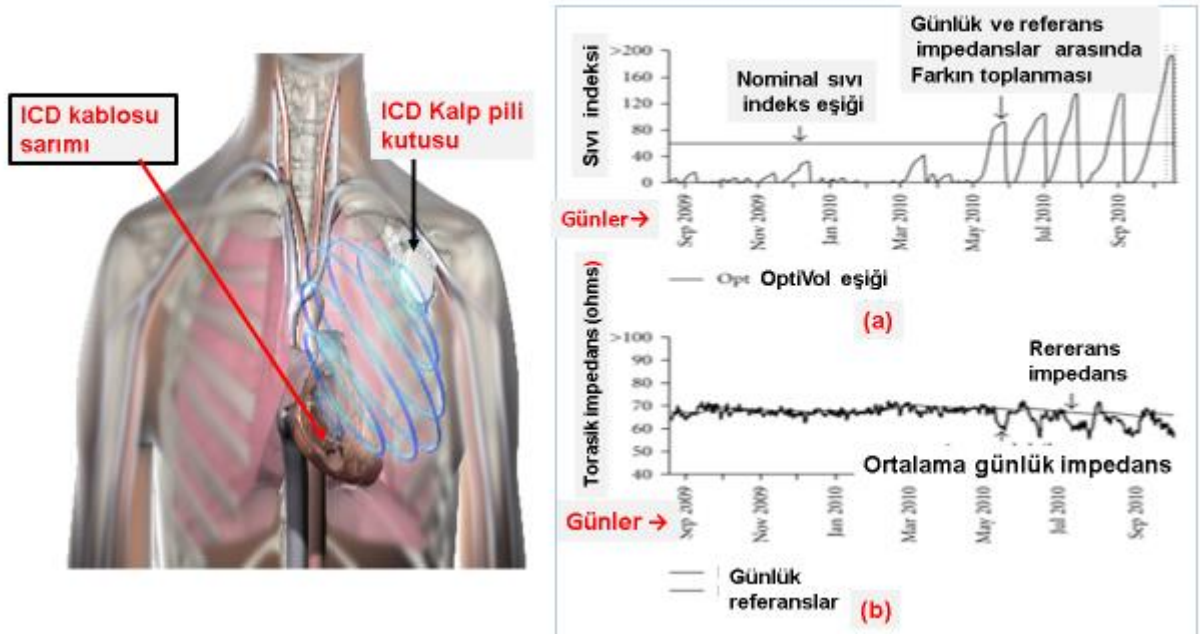
İmplant edilebilen Intratorasik İmpedansı İzleme

Toraks içi empedans, akciğerlerdeki sıvı miktarı arttıkça düşer, çünkü sıvının iyi bir elektrik akımı iletkeni olması nedeniyle, bu teknolojinin klinik olarak dekompanseasyon uyarısı sağlamada klinik olarak yararlı olma olasılığını artırır.

'Medtronic'e özgü OptiVol' gibi teknolojileri kullanarak CRT cihazlarına veya ICD'lere intratorasik empedansı izlemek için sistem eklemek artık mümkündür.

Transtorasik empedans, sağ ventrikül kablosunun sarımlı ile (CRT) cihazı veya (ICD) kutusu arasında ölçülür (bakınız **Şekil-2**, soldaki figür). Bu ölçüm günde birkaç kez yapılır ve 14 aya kadar kaydedilir. Cihaz, bir teknisyen tarafından ayrıntılı olarak veya basit elde tutulan cihaz kullanılarak hasta veya hekim tarafından sorgulanabilir.

"OptiVol Sıvı İndeksi", günlük ve referans empedansı arasında ardışık günlük farkların birikimini gösterir. Hekim cihazdaki hasta uyarı sinyalini etkinleştirebilir ve eşik aşıldığında cihaz sesli bir şekilde alarm verir. Günlük empedans okumaları empedans eğiliminden daha yüksek hale gelirse indeks sıfırlanır ve böylece akciğerler kururken alarm riskini azaltır. OptiVol Sıvı İndeksi ve ortalama günlük empedans ölçümleri **Şekil 2'de**, sağda (a) ve (b) ile gösterildi.



Şekil -2. Solda- impedans sistemi eklenmiş ICD pacemaker. Klinik veriler toraks boşluğunda veya akciğerlerde intratorasik empedans ve sıvı birikimindeki değişikliklerin ters orantılı olduğunu göstermektedir. Hastanın akciğerlerde konjesyon başladığında, intratorasik empedans azalır Benzer şekilde, intratorasik empedanstaki bir artış hastanın akciğerlerinin daha kuru hale geldiğini gösterebilir

Sağda- OptiVol sıvı durumu izleme sistemi (Medtronic, Inc., Minneapolis, MN) ile günlük impedans ölçümü . OptiVol sıvı indeksi. Toraks içi empedans günlük olarak ölçülür **(a)** ve hastanın son dört günlük ölçümlerin ortalamasından türetilen “referans” değeri ile karşılaştırılır **(b)**. Referans değerinden negatif sapmalar, toraks içi empedansta, akciğer konjesyonunu yansıtabilecek bir düşüş olduğunu düşündürmektedir.

Ölçülen intratorasik empedans ve referans değeri arasındaki fark, ” **Ohm·Gün**” birim ölçümüne sahip OptiVol sıvı indeksini oluşturmak için zamanla (ölçülen günler) ile çarpılır. Sıvı indeks değerinin büyüklüğü **(i)** referans değer ile ölçülen intratorasik empedans arasındaki mutlak fark ve / veya **(ii)** farkın zaman süresi ile belirlenir. Sıvı indeksi, intratorasik empedans için negatif sapmaların başlangıcını ve süresini grafik olarak görüntülemek için zamana karşı çizilir. Nominal sınır eşiği 60 Ohm olarak ayarlanmıştır. Nominal sınır eşik değeri ‘**.gün**’ olarak belirlenir.

(CHF. 2007;13:113–115)

- Akut dekompanasyon için hastanede tedavi edilenlerde pulmoner kapiller uç basınç (PKUB)’daki düşüş ile yatış sırasında intratorasik empedansta yükselme arasında iyi bir korelasyon bulunur. Yalancı-pozitif uyarılar meydana gelebilir; hastanın kötüleşen semptomlarının kendi bildirimine de dayanan bu durumun doğruluğu çok olumlu bir şekilde impedans değerleri ile karşılaştırılır - tüm vakaların % 50’sinde hastalar ilk olarak hastaneye yatmadan sadece 2,5 gün önce kötüleşen semptomları fark ettiler.
 - Cihazın sıvı indeksi, hastanın çok 'kuru' duruma gelmesi için alarm veremez ve diüretiklere uyulmaması veya eşzamanlı göğüs enfeksiyonu gibi sıvı birikiminin altta yatan nedenlerini belirleyemez.
 - Gelişmekte olan pulmoner konjesyonu tespit etmek için dekompanasyonun bir işareti olarak toraks içi empedansın ölçümü potansiyel bir yöntemdir.. Akciğerden bir elektrik akımı geçtiğinde, akciğerde konjesyon sırasında biriken intratorasik sıvı daha iyi bir iletkenlik oluşturacak ve buna karşılık gelen empedansta karşılık gelen bir azalmaya neden olacaktır(**Fig -K**). Benzer ancak daha az ideal bir yöntem, transtorasik empedansın noninvaziv olarak yüzey elektrotları ile ölçülmesidir.
 - Modifiye edilmiş bir kalp pili ile intratorasik empedans ölçümü, yükselmiş SV diyastol sonu basıncının yansıttığı kalp yetersizliğinin ciddiyeti ile yakından ilişkilidir. intratorasik empedans KY hastalarında klinikte sıvı durumunun izlenmesinde potansiyel olarak yararlı bir araçtır.

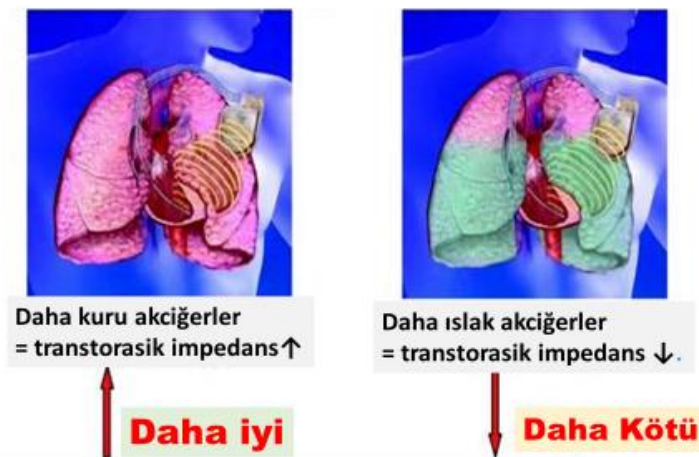


Fig -K. İmpedans kavramı: OptiVol ölçümleri yapırlren mümkün olduğunca sıvının difüz olmasını sağlanması için öğlen ve saat 17: 00'de göğüs kafesi boyunca yapılır. Empedans değişikliği sıvı birikimiyle

doğrudan ve ters ilişkilidir. Daha düşük bir dizi empedans ölçümü sıvının biriktiğini gösterir. Tersine, yukarı doğru artış eğilimi gösteren bir dizi empedans ölçümü, sıvı seviyelerinin daha iyi hale geldiğini gösterir “yani, hasta kurumuş”

(American Journal of Cardiology, Vol 96).

Cihaz İmplantasyonu

Cihazın implantasyonu geleneksel bir kalp pilininkine benzer. Sağ ventrikül apeksine implante edilebilen bir kardiyoverter-defibrilatör (bazı ICD modelleri) kablusunun ucu implante edilir . Sol pektoral bölgeye aktif ve anlık ventilasyon için 2 sensörlü bir kalp pili yerleştirilir (Fig -2 -solda).

- Bu cihaz, ICD kablolu ile cihaz kutusu arasındaki empedansı [0.4 Ohm ve 0-107 Ohm. arasında bir çözünürlük aralığına] sahip olacak şekilde ölçmeyi sağlamak için modifiye edilmiştir.
- Kalp pili, ise gerektiğinde ventriküler hız desteği sağlayacak şekilde programlanır.

İntratorasik İmpedansın Ölçümü

Anlık ventilasyon sensörü intratorasik empedansı ölçmek için kullanıldı. Önceden tanımlanan bu sensör, hız-cevaplı kalp pillerinde hastanın solunumunu ölçmek için kullanılmıştır.

Üç stimülasyon / ölçüm yolu test edildi: (1) Sağ ventrikül halka elektrodundan- cihaz kutusuna/ sağ ventrikül sarım elektrodundan- cihaz kasasına; (2) Sağ ventrikül sarımından- cihaz kutusuna/ Sağ ventrikül sarımından- cihaz kutusuna;ve (3) Sağ ventrikül halka elektrodundan cihaz kasasına / Sağ ventrikül uç elektrodundan- cihaz kasasına.

Sağ ventrikül SĞV sarım elektrodundan- cihaz kasasına giden yola odaklanıldığında (Circulation. 2005;112:841-848).

- Kardiyak siklus ile asenkronize 16 Hz ölçüm frekansına sahip “stimülasyon” elektrodu çifti arasındaki dokudan geçen sabit bir akım gönderildi; ortaya çıkan voltaj ve dolayısıyla hesaplanan intratorasik empedans ölçüm - elektrod çiftinden elde edilir. Empedans ölçümleri toplanır ve 2 dakika boyunca ortalamaları alınır. Bu 2 dakikalık ortalama, kalp ve solunum sikluslarının ölçüm üzerindeki etkilerini ortadan kaldırmak için kullanılır.
- Kronik fazda ise her 6 saatlik periyotta (45 dakikada bir) sekiz “2 dakikalık ortalama” intratorasik empedans değeri toplanır.8 değerin ortalaması cihazda günlük ortalama dört intratorasik empedans noktasından biri olarak saklanır; bunlar: Geceyarısından- sabah 5.59’a; sabah 6’dan - 11.59’a; öğle’ den öğleden sonra 5.59’a ; ve öğleden sonra 6’dan - 11.59’a.

İmpedans Ölçüm Metodları

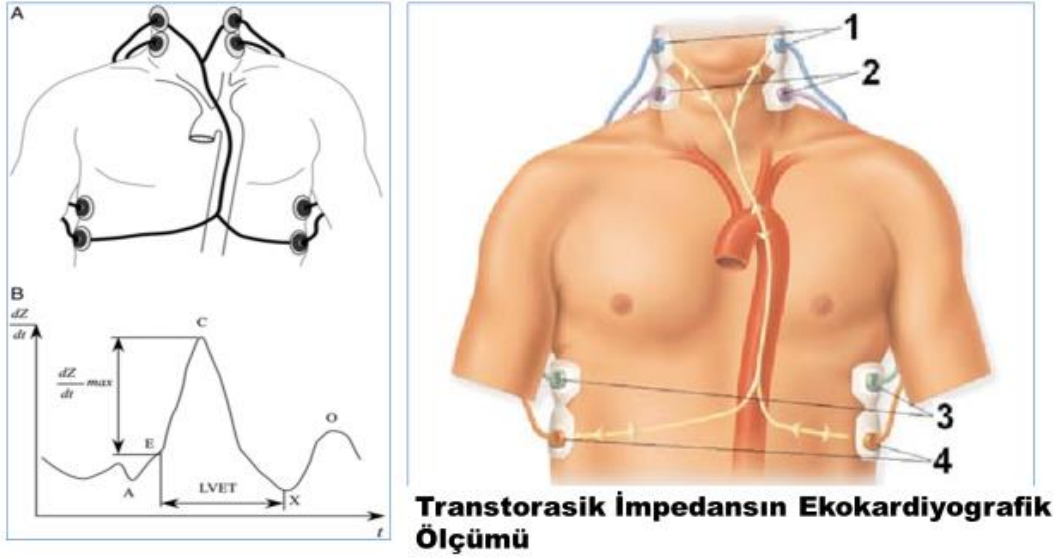
Empedans ölçümü, klinikte özellikle ayaktan KY hastalarında hemodinamiği ve volüm durumunu ölçmek için bir araç olarak giderek daha fazla kullanılabilir hale gelmektedir. Empedans değerlendirmesi için 2 ana kategori bant- elektrod ve implante edilmiş cihaz- kablolu yöntemleridir. Empedans sinyalinin kesin kaynakları komplekstir ve kan volumu, sıvı gibi ve konumlanmasına bağlı fizyolojik etkilerden etkilenebilir

1. Bant Elektrod Metodu

En yaygın kullanılan bant elektrodu yönteminde, boyun ve toraks arasına vücut yüzeyine yerleştirilen 2 çift elektrod için harici bant elektrodları kullanır. Ciltte harici temaslardan kaynaklanan istenmeyen impedans sinyalinin iptal etmek için dört elektrod gerekir (Fig -1, A). İlk temas çiftine, boyun ve toraks arasına yüksek frekanslı, düşük amplitüdü bir akım (50–100 kHz, 1-4 mA rms) uygulanır. (Fig -1, B’de gösterilen empedans sinyali, ikinci çift arasında ölçülen potansiyel farktan elde edilir.

- Bazı daha yeni algoritmalar, sıvı volumunun gidişatındaki değişiklikler için;- “sinyalin amplitüdündeki değişikliklerden ziyade, yayılan dalgaların frekansındaki değişiklikleri” kullandı. Akımların bu tür faz

kaymasının tespiti (biyo-reaktans olarak adlandırılır) daha az değişkenliğe ve dolayısıyla kardiyak debi gibi daha güvenilir hemodinamik değerlendirme sağlayabilir.



Figür -1. Band ve elektrod yöntemleri ile impedans ölçümü. (Solda): Üstte A- Bant elektrot tekniğinin şematik gösterimi.

Altta B- Zaman türevi empedansı dZ / dt zamana karşı çizilir (t): A noktası atriyal kasılmanın dördüncü kalp sesini işaret eder, B noktası ventriküler izovolümetrik kasılma ve hızlı ejeksiyondan önceki ilk kalp sesini işaret eder. C noktası maksimum dZ / dt , X noktası kapanan aort kapağının ikinci kalp sesidir. ve O noktası diyastolik doluşu işaretler. Sol ventrikül ejeksiyon süresi (LVET) B ve X noktaları arasındaki süredir.

Sağda renkli resimde: Torasik elektriksel bioimpedansın reokardiyografik ölçümü. Eksternal sensörleri (1 ve 4) yüksek frekans ve düşük amperajın alterne eden elektriksel akımını sağlar. Bu özelliklere sahip bir akım hasta için tamamen zararsızdır. Dahili sensörler (2 ve 3) elektrik biyoimpedansını ölçer. Ölçülen empedans bazal torasik biyoimpedans olarak adlandırılır. Pulsatil kan akışından; aort içi kan volumu ve sonuç olarak göğüs biyo-empedansı sürekli olarak değişmektedir. Empedans bir dalga formunda gösterilir ve atım hacmi matematiksel denklemlerle tahmin edilir

(Am Heart J 2009;157:402-11 / Hellenic J Cardiol 2009; 50: 465-471).

2. İmplant Edilen Cihaza Dayanan Metod

Kalp yetersizliğinin alevlenmelerine neden olan en sık sorumlu faktör sıvı birikimi ve su retansiyonudur. Son yıllarda, bilinen intratorasik empedans ölçümü olarak cihaza dayanan yeni bir yöntem geliştirildi ve ICD veya CRT-D kalp pilleri ile entegre edildi. İntratorasik empedanstaki değişiklikler ventriküler dolum basıncı ve ekstrasvasküler akciğer su indeksi ile ters körele olduğu buldu. Klinik çalışmalar, OptiVol uyarı özelliğinin yaklaşan kardiyak dekompanseasyonu belirleyebileceğini ve hastaneye yatmayı azaltabileceğini öne sürdü.

Empedans, kalp pili veya defibrilatör cihazlarında kablo bütünlüğünü kontrol etmek için uzun zamandır kullanılmaktadır. Bu yöntemde Kalp pilinin elektriki uyarı-veren (pacing) telinden üretilen akım ile akım torasik organlar boyunca cihazın kutusuna doğru ilerler (**Şekil-2**, solda). Bu nedenle, empedanstaki değişiklikler nispeten 2 sabit nokta arasında belirlenebilir, dolayısı ile elektrod yerleştirilmesindeki bozulma veya varyasyonlar en aza indirilmelidir. Empedans sinyal, zaman eksenini bant elektrod yönteminde olduğu gibi (Fig - , B'de(Fig- 1,solda) kalp siklusu uzunluğuyla sınırlı olmak yerine, günler ila haftalar arasında gösterilir. Bu, nokta (spot/anlık) ölçümü yerine belirli kişilerde zaman içinde empedans eğilimlerindeki değişikliklerin saptanmasını kolaylaştırır.

- Bu nedenle, günümüzde implante edilen cihaza dayanan metodolojinin birincil amacı, kronik implante edilen cihazın yardımcı bir fonksiyonu olarak kronik KY hastalarındaki zaman içindeki klinik durumu izlemektir (**Fig –CRT-D**). Beklendiği gibi, kullanımında en büyük sınırlama, intratorasik empedansı ölçebilen implante bir cihazın varlığının gerekliliğidir ve bu, şu anda yalnızca nispeten küçük bir hasta alt grubu için geçerli olabilir.
 - **Empedans ölçümü örneği** (OptiVol Fluid Status Monitoring System (Medtronic, Minneapolis): Basitçe cihaz, sağ ventrikül defibrilasyon sarımı ile cihaz kutusu arasında bir test impulsu salar (gün içinde öğle vakti öğle'den sonra 5.00. arası). İki yer arasındaki empedans, gerçek empedans olarak ölçülür ve hesaplanır. İmplantasyondan otuz dört gün sonra 'Referans İmpedansı', son 4 günün ölçümlerinin ortalaması olarak alınır ve başlatılır.
 - O andan itibaren referans empedansı, empedans izlenerek otomatik olarak hesaplanır. Ölçülen veriler ile ayaktan referans verileri arasındaki fark toplanır ve 'Sıvı İndeksi' (FI) otomatik olarak hesaplanır [Referans empedansı - hasta başında hesaplanan ortalama empedans].
- eğilimler ve gerçek ölçüm ile karşılaştırılır. OptiVol FI, nominal olarak 60Ω -d'ye ayarlanmış referans eşliğini aştığında, sesli bir uyarı tetiklenir (*Journal of Geriatric Cardiology* (2013) 10: 253-257)

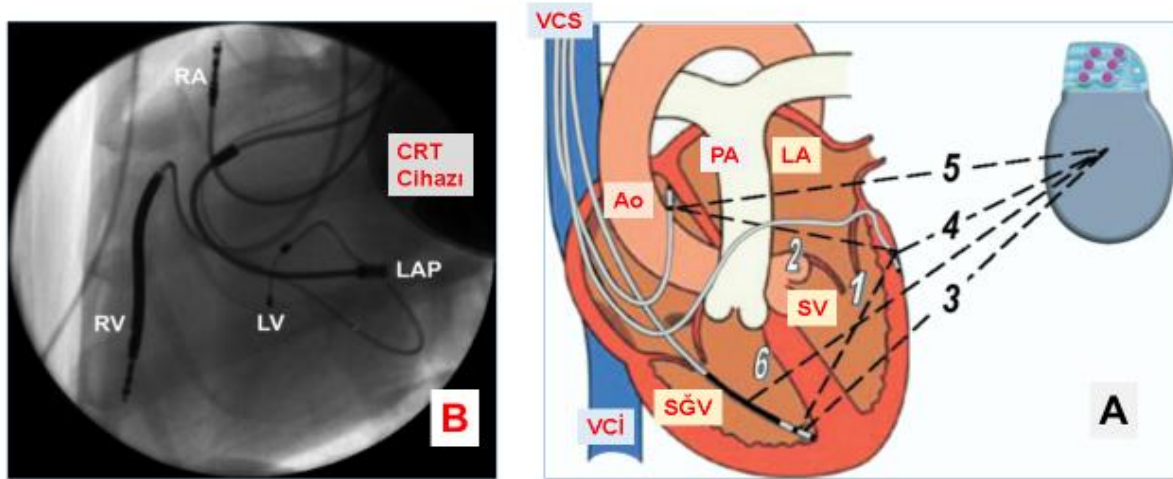


Fig –CRT-D: A- CRT-D kalp pilinin empedans ölçümü için kullanılan elektrod konfigürasyonları : 1= SV_r-SĞV_r; 2= SV_r- SĞA_r ; 3= SĞV_r- Kutu; 4= SV_r- Kutu; 5= SĞA_r- kutu ve 6=SĞV_c- Kutu.

Kısaltmalar: r- Halka; c- Sarım; SĞV-sağ ventrikül; SĞA- sağ atriyum; SV- sol ventrikül; PA- pulmoner arter; Ao- Aorta; VCI-vena kava inferiyor; VCS- vena cava superiyor.

B- İmplant edilmiş CRT-D Sisteminin Radyografik Görüntüsü: Kardiyak resenkronizasyon (CRT) cihazı kablo elektrod sistemi. LAP- ilave sol atriyal basınç; LV- sol ventrikül; RA- sağ atriyum; RV- sağ ventrikül (*JACC Vol. 53, No. 12, 2009*)

®- Sonuçta- günümüz KY kılavuzlarında empedans kullanımı ile ilgili net bir tavsiye bulunmamaktadır. Fakat özellikle düşük EF'li KY'de ani kalp ölümünün primer (semptomatik olsun olmasın EF <30-35 KY hastaları) ve sekonder korunmasında oldukça geniş ICD indikasyonları bulunanlara eklenen empedans sistemlerinin hasta takibinde kullanımını gündeme getirilse de sistemin bazı dezavantajları bulunmaktadır: (i) Geç evre kronik KY ve klinik durumu anstabil hastalarda kalp debisi ölçümlerinin doğruluğu ile uyumu ve tutarlılığı belirsizdir. (ii) Ölçümü etkileyen çözülmemiş tutarsızlıklar, farklılıklar (pulmoner ödem, vücut büyüklüğü, düzensiz kan akımı ve kan volumu gibi); (iii) İnvazif bazı çözülmemiş empedans kaynakları (kan volumu, akciğer direnci). (iv) Kalp debisi, sistemik vasküler direnç ve

dolum basıncının takip edilmesini sağlamaz.(v) Periferik ödem ve hipertansiyonu saptayamaz. (vi) Ayrı ca da sağ tarafın ağırlıkta olduğu kalp yetersizliği ve pulmoner direnci yükselmiş ve de akciğer morbidleri (KOAİ, amfizem ve akciğer fibrozu bulunan ileri yaş hastaları gibi) bulunan hastalardaki yeri de belirsizdir.

Bazı KY grupları aşağıdaki durumlarda impedans kullanımını tavsiye etmiştir (*The Journal of Lancaster General Hospital • Spring 2006 • Vol. 1 – No. 1*):

- Kalp yetersizliğinin primer teşhisi
- Kronik KY veya KY için geçmişte hastane yatışı
- NYHA fonksiyonel sınıfı III- IV veya yüksek dekompanasyon riski
- Tedavi protokolunu kabul eden ve Kılavuzların yönlendirdiği tıpsal tedaviye uyum sağlamasına rağmen halen semptomatik stabil olmayan kronik KYdEF hastaları

Pratiğe Mesajlarımız

- 1) Rutin 'invazif' hemodinamik takip, impedans sistemli kalp pili implante edilmiş olsa dahi ambulator kalp yetersizliği hastalarında tavsiye edilmemektedir.
- 2) Hastanın ayaktan takibinde başka bir indikasyon ile implante edilen impedans sistemli kalp pili bulunsun bulunmasın. Aşırı sıvı volumuna bağlı dekompanasyonun subklinik ve erken klinik evredeki tanısı her zaman yakın ve seri geleneksel klinik hikaye ve fizik nuayene (mümkünse aynı klinik ve klinisyen tarafından) ile izlenmelidir. Basitçe natriüretik peptid konsantrasyonunun seyri ve de gerektiğinde akciğerlerde radyografik konjesyon bulguları bakılabilir.
- 3) Eğer İntratorasik impedans ölçümü olasılığı halihazırda mevcutsa (sistemli kalp pili bulunanlar) bu standart fizik muayene ve klinik hasta takibine eklendiğinde özellikle konjesyonun semptomları atipik ve/veya küçük debinin bulguları belirsiz olan kronik ileri KY hastalarında daha anlamlı olacaktır.
- 4) Unutulmamalı. İmpedans sistemi açık kalp pili bulunan hastalarda İmpedans sinyali alındığında hemen harekete geçilmeden önce hasta klinik muayene ile de konjesyonun semptom ve bulguları için değerlendirilmelidir.
 - Özellikle akşamları impedans sinyalinin duyulması her zaman dekompanasyonu işaret etmez, adüşmüş torasik impedansını göstermez, akciğerlerde gece yatarken periferden dönen fazla volumun etkisi ile paroksizmal nokturnal dispne fizyolojisinin aksine yüksek SV dolum basıncı ve pulmoner kapiller uç basınçlardan ziyade hasta pozisyonuna bağlı olarak akciğerlerde nonhomojen sıvı dağılımına bağlı olabilir. Dekonjesyon tedavilerinde radikal değişimlerden önce gündüz saatlerdeki (yerçekimi etkisi ile akciğer sıvı dağılımının daha homojen, difüz dağılım göstermesine bağlı) impedans ölçüm değerlerine ve daha önemlisi hastanın fizik muayenesindeki değişiklikler dikkate alınmalıdır.
 - Ayrıca, sadece gece gelen sinyallerin hastanın pozisyon değiştirmek, kalkıp oturması, ortopne pozisyonuna geçmesi ve ayağa kalkması ile değişimi kontrol edilmeli

Kaynaklar:

1. W.H. Wilson Tang, , and Wilson Tong, Measuring impedance in congestive heart failure:
2. Current options and clinical applications. Am Heart J 2009;157:402-11
3. C. G. M. J. Eurlings · J. J. Boyne · R. A. de Boer · H. P. Brunner-La Rocca. Telemedicine in heart failure—more than nice to have? Neth Heart J. <https://doi.org/10.1007/s12471-018-1202-5>.
4. Cheuk-Man Yu, Li Wang, Elaine Chau, Raymond Hon-Wah Chan, FRCP; Shun-Ling Kong, BN Man-Oi Tang, BM; Jill Christensen, Robert W. Stadler, Chu-Pak Lau. Intrathoracic Impedance Monitoring in Patients With Heart Failure. medication. Circulation. 2005;112:841-848.
5. W. H. Wilson Tang, and Wilson Tong,. Measuring impedance in congestive heart failure: Current options and clinical applications. Am Heart J. 2009 March ; 157(3): 402–411. doi:10.1016/j.ahj.2008.10.016.
6. William T. Abraham, Clyde W. Yancy, Jr, Intrathoracic Impedance Monitoring for Early Detection of Impending Heart Failure Decompensation. CHF. 2007;13:113–115
7. Dirar S. Khoury, Mihir Naware, MS, Jeff Siou, BS, Andreas Blomqvist, Niles S. Mathuria, Jianwen Wang, , Hue-Teh Shih, Sherif F. Nagueh, , Dorin Panescu, Ambulatory Monitoring of Congestive Heart Failure by Multiple Bioelectric Impedance Vectors. JACC Vol. 53, No. 12, 2009