JARSS 2021;29(2):83-91
doi: 10.5222/jarss.2021.93823

Sıvı Yönetiminde EVLW ve Önemi

EVLW and its Importance in Fluid Management

Hakan Yılmaz
Baturay Kansu Kazbek
Perihan Ekmekçi

ÖZ

Sıvı yönetimi ve optimizasyonu, anesteziyoloji ve yoğun bakımda sık karşılaşılan günlük sorunlardandır. İdeal hemodinamik yönetim dokulara oksijen sunumunu arttırmakta, postoperatif sonuçları iyileştirmekte ve cerrahi maliyeti düşürmektedir. Sıvı tedavisinin istenmeyen etkilerinin erken öngörülmesi ve takibinde damar dışı akciğer sıvısı (EVLW) ölçümü giderek kabul gören bir yöntem haline gelmiştir. Akut dolaşım yetmezliği tedavisinde temel amaç doku perfüzyonunu ve oksjenizasyonunu iyileştirirken sıvı yüklenmesinden kaçınmaktır. EVLW, akciğerlerde pulmoner damarlar dışında bulunan interstisyel, intrasellüler, alveoler ve lenfatik sıvıyı kapsar ve sağlıklı kişilerde normal değerleri 3-7 ml kg^{-1}'dir. Bu konudaki çalışmalar, cut-off değeri olarak 10 ml kg^{-1} üzerindeki değerlerin pulmoner ödeme işaret ettiğini göstermiştir. EVLW ölçümünde altın standart gravimetrik yöntem olmakla birlikte, post-mortem yapılabilmesi nedeniyle günümüzde akciğer ultrasonografisi ve transpulmoner termodilüsyon teknikleri daha yaygın kullanılmaktadır. Gelecekte özellikle ALI/ARDS hastalarının hemodinamik yönetiminde EVLW ölçümünün önemli bir yer tutması beklenmektedir ve bu alanda yapılacak çalışmaların EVLW bazlı sıvı tedavisine odaklanması yararlı olacaktır.

Anahtar kelimeler: *ekstravasküler akciğer sıvısı, sıvı tedavisi, pulmoner ödem*

ABSTRACT

Fluid management and optimization is one of the most frequently observed problems in anesthesiology and critical care. An ideal hemodynamic management increases oxygen supply to tissues, improves postoperative outcomes and decreases surgical costs. Extravascular lung water (EVLW) measurement has gained widespread acceptance in the early prediction and management of adverse effects caused by fluid treatment. The fundamental aim of acute circulatory failure treatment is to improve tissue perfusion and oxygenation while avoiding fluid overload. EVLW consists of extravascular interstitial, intracellular, alveolar and lymphatic fluid in the lungs and its normal values are 3-7 ml kg^{-1}. Studies have reported that values above 10 ml kg^{-1} as a cut-off value points to pulmonary edema. Although the gold standard in EVLW measurement is the gravimetric method, lung ultrasound and transpulmonary thermodilution is more widely utilized since gravimetric measurement can only be performed post-mortem. EVLW measurement is expected to gain importance in the hemodynamic measurement of ALI/ARDS patients and future studies will benefit from focusing on EVLW based fluid therapy.

Keywords: *extravascular lung water, fluid therapy, pulmonary edema*

Received/Geliş: 27 January 2021
Accepted/Kabul: 01 March 2021
Publication date: 28 April 2021

Cite as: Yılmaz H, Kazbek BK, Ekmekçi P. Sıvı yönetiminde EVLW ve önemi. JARSS. 2021;29(2):83-91.

Hakan Yılmaz
Ufuk Üniversitesi Tıp Fakültesi,
Anesteziyoloji ve Reanimasyon
Anabilim Dalı,
Ankara - Türkiye
dr.hakanyilmaz@hotmail.com
ORCID: 0000-0001-9978-6370

B.K. Kazbek 0000-0002-1230-7814
P. Ekmekçi 0000-0002-0057-2338
Ufuk Üniversitesi Tıp Fakültesi,
Anesteziyoloji ve Reanimasyon
Anabilim Dalı,
Ankara, Türkiye

Sıvı yönetimi ve optimizasyonu, anesteziyoloji ve yoğun bakımda sıklıkla karşılaşılan günlük sorunlardır. İdeal hemodinamik yönetimin dokulara oksijen sunumu ile yakından ilişkili olduğu, postoperatif sonuçları iyileştirdiği ve cerrahi maliyeti düşürdüğü gösterilmiştir[1]. Hem hipervolemi hem de hipovoleminin dokulara oksijen sunumunu bozabileceği ve postoperatif morbiditeye katkıda bulunabileceği bilinmektedir (Şekil 1) [1]. Sıvı tedavisinin istenmeyen etkilerinin erken öngörülmesi ve takibinin yapılmasında damar dışı akciğer sıvısının (*extravascular lung water*; EVLW) ölçümü ve takibi kritik hastaların yönetiminde giderek kabul gören bir yöntem haline gelmektedir.

Fizyoloji

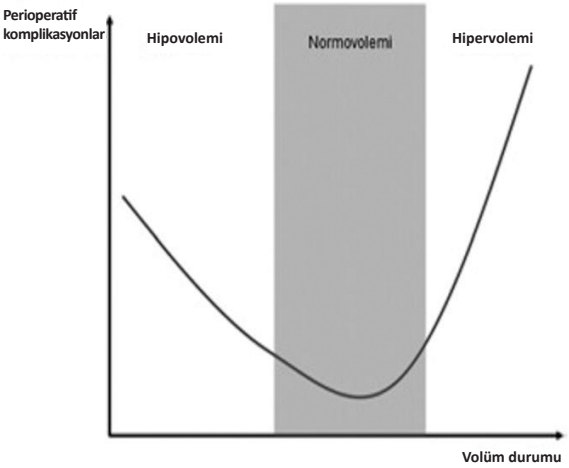
Kritik hastalarda etkinliği değişken ve ciddi yan etkisi olan tüm tedavilerde olduğu gibi sıvı tedavisinde de tedavinin etkinliği ve sonuçları sorgulanmalıdır. Akut dolaşım yetmezliği tedavisinde temel amaç doku perfüzyonunu arttırmak ve oksijenizasyonu iyileştirmektir.

Volüm genişletilmesi ile organ fonksiyonunun geri

© Telif hakkı Anestezi ve Reanimasyon Uzmanları Derneği. Logos Tıp Yayıncılık tarafından yayınlanmaktadır.
Bu dergide yayınlanan bütün makaleler Creative Commons 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.
© Copyright Anesthesiology and Reanimation Specialists' Society. This journal published by Logos Medical Publishing.
Licenced by Creative Commons Attribution 4.0 International (CC)

dönüşü arasında birçok basamak vardır ve bu basamaklardan herhangi birinde olabilecek bir patoloji sonucunda kardiak debi (CO) artmasına rağmen, doku oksijenizasyonunda iyileşme görülmeyebilir (Şekil 2) [2].

Doku oksijenizasyonunun monitörizasyonuna yönelik miks venöz oksijen saturasyonu (SvO_2), veya santral venöz oksijen saturasyonu ($ScVO_2$) gibi indeksler kullanılmaktadır [3]. SVO_2 değerinin $ScVO_2$ değerine

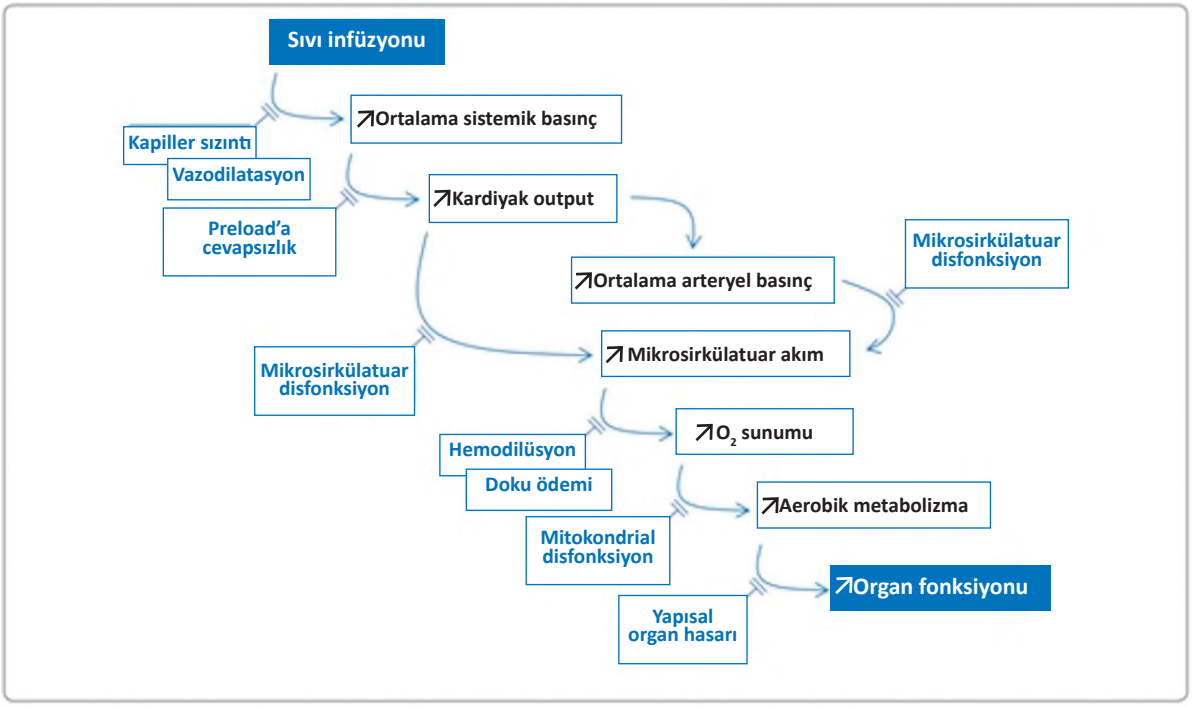


Şekil 1. Perioperatif volüm durumu ve perioperatif komplikasyonlar arasındaki ilişki [1].

oranı, septik şok gibi durumlarda doku oksijen ekstraksiyonu bozulduğundan dolayı yol gösterici olmayabilir ve bu durumda laktat gibi anaerobik metabolizma belirteçlerinin daha yararlı olduğu gösterilmiştir. Sıvı tedavisi sonucunda laktat değerlerinde düşme yavaş olacağından venö-arteryel CO_2 farkında bir azalma da kardiak debinin arttığını gösterecektir. Venö-arteryel CO_2 farkı, anaerobik metabolizmayı direkt olarak yansıtmaz. Bu farkın arteriövenöz oksijen içeriği farkına oranı, anaerobik metabolizmayı daha iyi yansıtır ve laktata kıyasla daha hızlı yükselmesi bir avantajdır [4].

Sıvı verilmesine rağmen, doku oksijenizasyonunda iyileşme olmadıysa kardiak debi ölçülmelidir, çünkü kan basıncındaki basit değişiklikler sempatik sinir sistemi tarafından regüle edildiğinden kardiak debiyi yansıtmayabilir. Kardiak debi ölçümünün en iyi yolu direkt ölçümüdür [5]. Kardiyak debi ölçümünde; Doppler ekokardiyografi, pulmoner arter kateteri ve transpulmoner termodilüsyon teknikleri daha güvenilir sonuç verirken, nabız kontür analizi ve bioreaktans teknikleri daha az güvenilirdir [6].

Sıvı infüzyonu sonucunda kardiak debide %15 ve daha fazla artış olması, sıvıya cevaplılık olarak kabul



Şekil 2. Sıvı verilmesinin organ fonksiyonunda iyileşme ile sonuçlanmasının ve gözlenebilecek sorunların şematik gösterimi [2].

edilir [7]. Sıvı infüzyonuna rağmen, kardiyak debinin artmamasının 2 nedeni olabilir. İlk durumda kardiyak önyük artmış fakat hastanın sıvıya yanıtı olmayabilir. İkinci durumda ise, verilen sıvı miktarı önyükü yükseltmek için yeterli olmayabilir ki bu da verilen sıvının yetersiz olduğuna veya geniş bir venöz kompartmana yayıldığına işaret eder. Bunun ayırt edilmesine yönelik ekokardiyografi veya transpulmoner termodilüsyon (TPTD) teknikleri kullanılabilir [6].

Sıvı tedavisinin istenmeyen etkileri ve EVLW

Sıvı tedavisinin istenmeyen etkileri arasında akciğer ödeminde artış, sağ ventrikül fonksiyonunda bozulma, intraabdominal basınçta artış ve hemodilüsyon sayılabilir. Anestezi pratiğinde erken postoperatif dönem ve yoğun bakımda kritik hastaların sıvı tedavisine yönelik olarak morbidite ve mortalite artışına en çok etki eden faktörün akciğer ödemi artışı olduğu kabul edilmektedir [8].

Artmış kümülatif sıvı dengesi renal yetmezlik veya interstisyel kompartmanda sıvı birikimine bağlı olabilir ve sıvı yüklenmesinin spesifik bulgularla gösterilmesi gerekir. Akciğer grafisi artmış sıvı birikiminde büyük artışları gösterdiğinden sensitif değildir. Santral venöz basınç veya pulmoner arter oklüzyon basıncı daha spesifik kabul edilse de bu 2 değerde de artmış pulmoner kapiller permeabilite gözden kaçırılabilir. Damar dışı akciğer sıvısı alveol ve interstisyumda toplanan sıvı hacmini gösterir ve sıvı birikimine sekonder oluşan akciğer ödeminin doğrudan bir göstergesidir.

Wang ve ark.'nın [9] 72 ciddi yanık hastası üzerinde yaptıkları bir çalışmada, sıvı dengesinin pulmoner arter oklüzyon basıncı yerine EVLW'ye göre ayarlanması durumunda kritik hastalarda kümülatif sıvı dengesinin daha iyi korunduğu gösterilmiştir. Yazarlar EVLW'nin sıvı reabsorpsiyonu aşamasında supranormal değerlere ulaştığını ve EVLW >7 olan hastalarda anlamlı pnömoni ve akut sıkıntılı solunum sendromu (*Acute respiratory distress syndrome*, ARDS) görüldüğünü ve bu hastalarda mekanik ventilasyon süresinin daha uzun olduğunu belirtmişlerdir.

Malbrain ve ark.'ları, [10] yoğun bakımlarda sıvı tedavisini ele aldıkları çalışmalarında, pozitif sıvı dengesinin yoğun bakımlarda kötü sonuçlarla ilişkili olduğunu ve benzer şekilde majör cerrahilerde de mortalite açısından bağımsız risk faktörü olduğunu belirtmişlerdir. Buna paralel olarak, Cordemans ve ark.'ları [11] da negatif sıvı dengesini hedefleyen restriktif sıvı rejimlerinin (*PAL-Treatment*) akut akciğer hasarında sonuçları iyileştirdiğini retrospektif bir çalışmada göstermişlerdir. Bununla birlikte, negatif sıvı dengesi ile yetersiz organ perfüzyonu arasındaki dengenin gözetilmesi ve sıvı tedavisinin bireyselleştirilmesine yönelik yatak başı uygulanabilecek parametreler günümüzde oldukça önem kazanmıştır. Santral venöz basınç, EVLW ve oksijenizasyon gibi indeksler bunlara örnek olarak verilebilir.

Damar dışı akciğer sıvısı (EVLW) normal değerleri nedir?

Damar dışı akciğer sıvısı; akciğerlerde pulmoner damarlar dışında bulunan interstisyel, intrasellüler, alveoler ve lenfatik sıvıyı kapsar ve sağlıklı kişilerde damar dışı akciğer sıvısının normal değerleri 3-7 mL kg^{-1}'dir [12].

Ancak, orta-yüksek riskli cerrahi geçirecek hastalar veya kritik yoğun bakım hastalarında sıklıkla daha yüksek değerler görülür ve bunun nedeni olarak cerrahi stres ve inflamasyon belirtilmiştir. Cerrahi geçiren 687 hasta üzerinde yapılan 19 çalışmadan elde edilen verilere dayanarak bu gruptaki hastalarda en düşük ortalama EVLW değeri 5.4±1.1 mL kg^{-1}, en yüksek ortalama EVLW değeri ise 10.6±4 mL kg^{-1} (akciğer rezeksiyonu hastalarında) olarak ölçülmüştür[10]. Yapılan çalışmalar, *cut-off* değeri olarak 10 mL kg^{-1} üzerindeki değerlerin pulmoner ödeme işaret ettiğini göstermiştir [13].

Ölçüm Yöntemleri

Gravimetrik Yöntem

Damar dışı akciğer sıvısı ölçümünde en sensitif ve kesin yöntem gravimetrik ölçümdür fakat postmortem bir yöntem olması dolayısıyla klinikte kullanıma uygun olmadığından günümüzde EVLW ölçümünde en kesin sonuçların elde edildiği yöntemler akciğer ultrasonografisi ve TPTD yöntemi olarak kabul edilmektedir.

Akciğer Ultrasonografisi

Akciğer ultrasonografisi (AUS) gerçek zamanlı, ekonomik ve yatak başı uygulanabilirliği, radyasyona maruziyetin olmaması ve yinelenebilir olmasıyla sıvı

yönetiminde giderek yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır [7].

Damar dışı akciğer sıvısı artışını erken saptayabilmesi ve aşırı sıvı verilmesini önlemesine rağmen, pulmoner ödem etiyolojisi AUS ile ayırt edilemez. Pulmoner ödem tanısında kilit rol oynayan B çizgilerinin sayısı ile pulmoner ödem ciddiyeti arasında bir korelasyon vardır ve B çizgilerinin sayısının >30 olması ciddi EVLW artışını düşündürür (Tablo I) [14].

Tablo I. B çizgisi sayısına göre EVLW artışı ve skorlama [13].

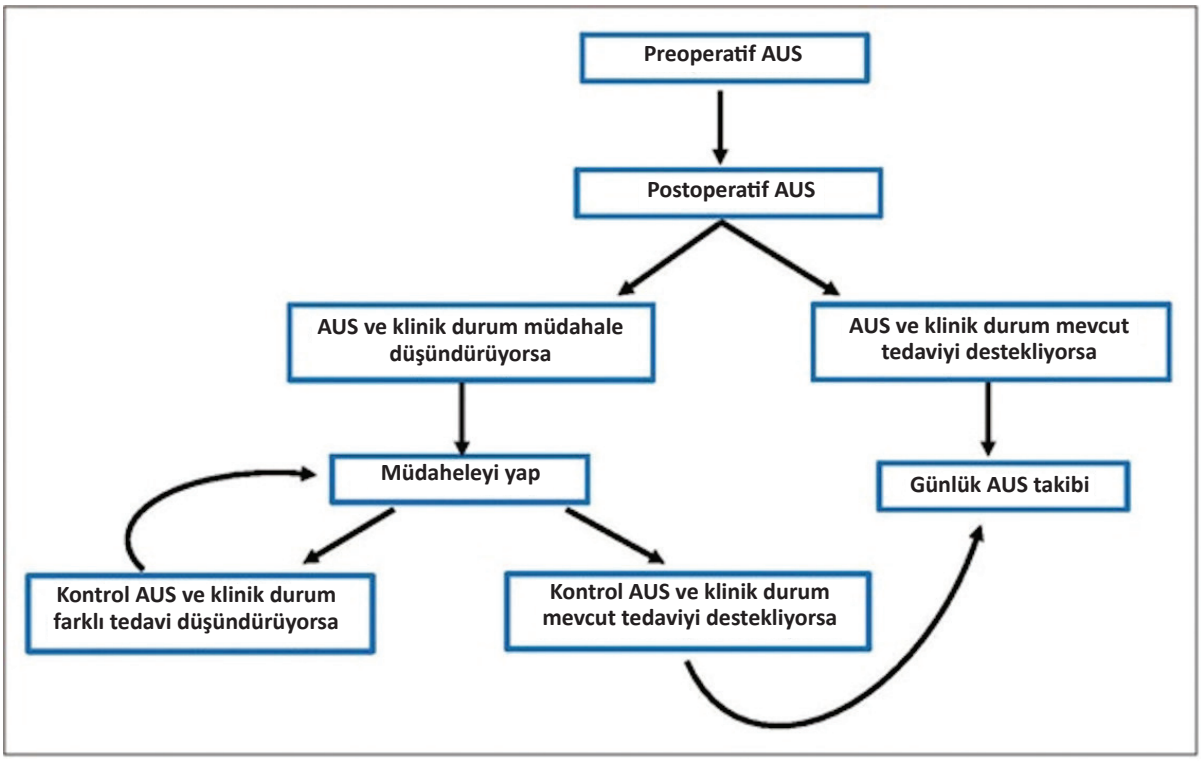
Skor	B çizgisi sayısı	EVLW artışı
0	≤5	Yok
1	6-15	Hafif
2	16-30	Orta
3	>30	Ciddi

Akciğer ultrasonografisi her ne kadar EVLW takibinde oldukça iyi sonuçlar verse de taranacak bölgeler üzerinde net bir görüş birliğine varılamamıştır. Scali ve ark.'nın [15] kalp yetmezliği hastalarında gerçekleştirdiği bir çalışmada, 3. interkostal aralıkta anterior ve midaksiller hat üzerinde belirlenen 4 noktanın taranmasının daha geniş çaplı 28 noktanın taranması ile benzer sonuçlar verdiği belirtilmiştir.

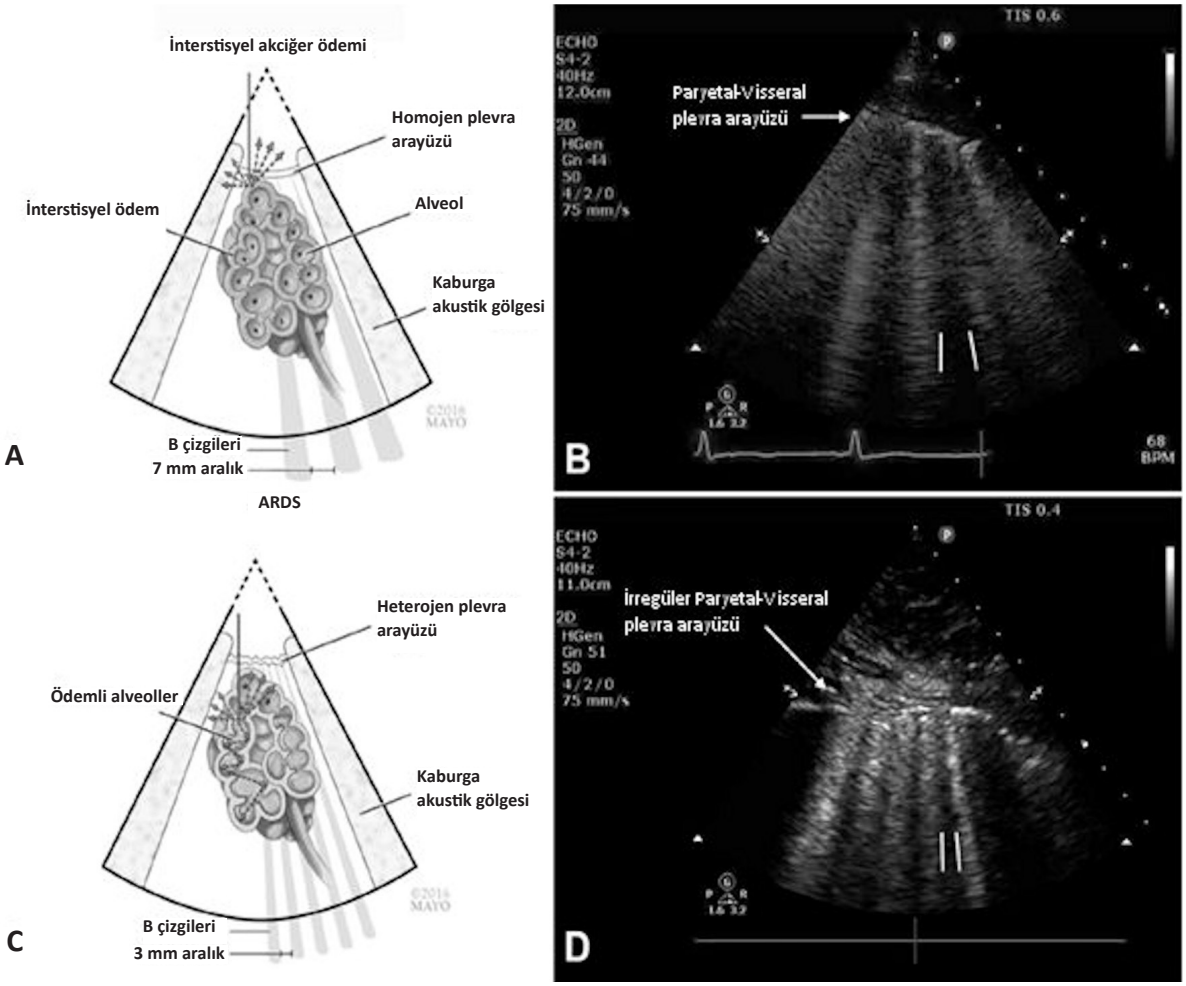
Akciğer ultrasonografisinin torasik ve akciğer transplantasyonu cerrahilerinde kullanılması üzerine Assaad ve ark. [16] AUS bazlı yarı kantitatif algoritmaların EVLW takibinde ve postoperatif yönetimde faydalı olacağını bildirmişlerdir (Şekil 3, 4) [17].

Manyetik Rezonans Görüntüleme

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) yönteminin EVLW ölçümü ve takibinde, noninvaziv olması ve radyasyon maruziyeti olmaması ile birlikte farklı kontrast ajanlar kullanılarak akciğer ödeminin etiyolojisinin ayırt edilebilmesinde yardımcı olabilmesi gibi avantajlara sahiptir [18]. Buna rağmen, yüksek maliyet ve hasta transferi gerektirmesi, bu tekniğin yerini zamanla TPTD ve AUS'e bırakmasına neden olmuştur. Bu alandaki çalışmalar spin-eko sekanslarının hayvanlarda akciğer sıvısını gravimetrik yöntemle korele olacak şekilde ölçebilmesi prensibine dayanmaktadır. Bununla birlikte, MRG ile akciğer sıvısının %4-5 oranında düşük ölçülebileceği akılda tutulmalıdır [19].



Şekil 3. Akciğer ultrasonografisi (AUS) bilateral değerlendirilmeli, preoperatif bazal AUS yapılmalıdır. Postoperatif erken dönemde ve günlük veya klinik gereksinim durumunda AUS yinelenmelidir. Klinik değişiklikler AUS ile takip edilmelidir(16).



Şekil 4. A: İnterstisyel akciğer ödemi B: B çizgilerinin ultrasonografik görünümü C: İleri derece interstisyel akciğer ödemi D: Ultrasonografide artmış B çizgileri [17].

Bilgisayarlı Tomografi

Bilgisayarlı tomografi (BT) ile EVLW ölçümü, kalp ve büyük damarlar dışındaki sıvı miktarının ölçümü prensibine dayanır ve uzun yıllar bu amaçla kullanılmıştır. Günümüzde BT yönteminde yüksek maliyet, kritik hastaların transportundaki riskler ve radyasyon maruziyeti gibi kısıtlılıklar nedeniyle klinisyenler net tanı koydurucu yeni teknik arayışına girmişlerdir [20].

Pozitron Emisyon Tomografisi

Pozitron emisyon tomografisi (PET) ile EVLW ölçümü, iki farklı radyoizotopun intravenöz verilmesini takiben toplam akciğer sıvısı ve işaretlenmiş radyoizotop barındıran karbonmonoksit inhalasyonu ile intravasküler volüm hesaplanması prensibine dayanır. Toplam akciğer sıvısı ile intravasküler akciğer sıvısı arasındaki fark EVLW miktarını gösterir.

Pozitron emisyon tomografisi tekniğinde EVLW artışından bahsedebilmek için %6-12'lik bir artış gereklidir [21]. Her ne kadar bu tekniğin insanlarda güvenilir sonuç verdiği kanıtlanmış olsa da [22] yüksek maliyet ve iyonize radyasyon maruziyeti gibi nedenlerle kullanımı kısıtlıdır.

Empedans Teknikleri

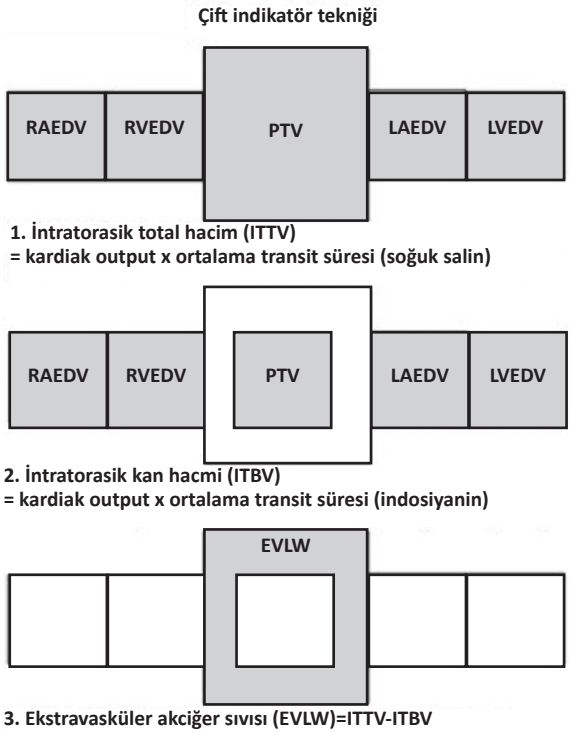
Empedans teknikleri ile EVLW ölçümü, hava ve sıvının elektrik akımına farklı derecelerde direnç göstermesi prensibine dayanır. İntratorasik sıvı miktarı ile akciğerin iletkenliği arasında ters, empedans arasında ise doğru orantı mevcuttur [23]. Bununla birlikte, empedans tekniğinin EVLW'yi direkt olarak ölçmekten ziyade total akciğer sıvısı hakkında bilgi verdiği akılda tutulmalıdır. Empedans internal veya eksternal cihazlar aracılığıyla ölçülebilmekle birlikte, çalışmalar

ambulatuar ölçüme izin vermesi nedeniyle internal ölçümlere odaklanmıştır.

Transpulmoner Termodilüsyon Tekniği

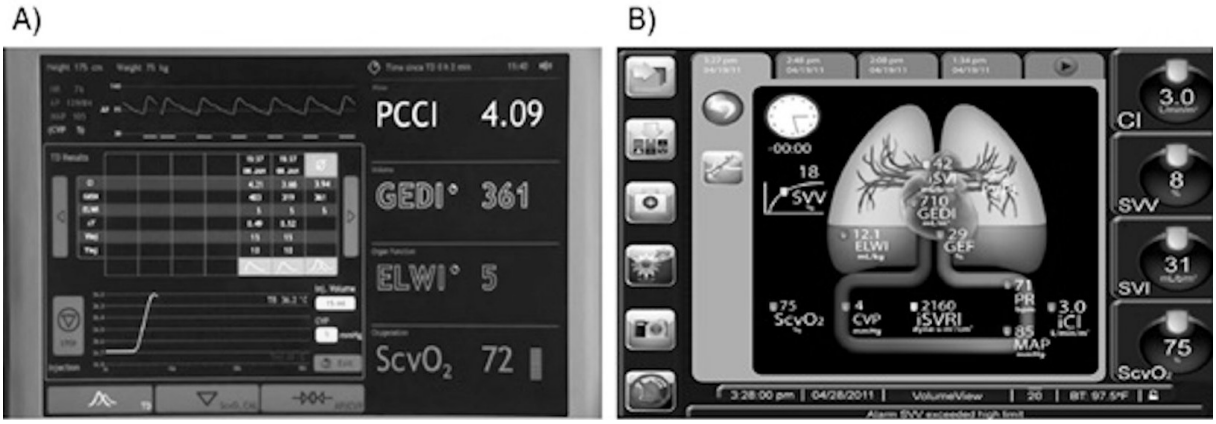
Transpulmoner termodilüsyon (TPTD) tekniği bir santral vene salin bolusu enjeksiyonu ile pulmoner termodilüsyon prensibine dayanmaktadır. Bu yöntemde termodilüsyon eğrisi termistör uçlu bir arter kateteri ile ölçülür. Transpulmoner termodilüsyon yöntemi EVLW'nin yanı sıra kardiak debi (CO), global end diastolik volüm (GEDV), intratorasik kan hacmi (ITBV), miyokard performansı ve pulmoner vasküler permeabilite indeksleri gibi birden fazla hemodinamik parametrenin aynı anda takip edilmesine olanak sağlar. Transpulmoner termodilüsyon monitörleri barındırdığı nabız kontür teknolojisi sayesinde sürekli kardiak debiye ek olarak nabız basıncı değişikliği (*pulse pressure variation,* PPV) ve atım hacmi değişikliği (*stroke volume variation,* SVV) gibi sıvıya cevaplılık ile ilgili parametreleri de ölçme olanağına sahiptir.

Termodilüsyon yönteminde tek ve çift indikatör metodları mevcuttur. Çift indikatör metodunda soğuk salin infüzyonu ve indosiyanin yeşili kullanılır ve soğuk salin intratorasik total hacimde (ITTV) dağılırken indosiyanin yeşili intratorasik kan hacmi (ITBV) içerisinde yayılır. ITBV içerisinde pulmoner vasküler yatak yer alırken TITV içerisinde akciğerlerin ekstravasküler veya interstisyel hacmi yer alır. Bu 2 hacim arasındaki farktan yola çıkarak EVLW hesaplanabilir [24] (Şekil 5) [16]. Bu yöntem, zaman alması ve pahalı olması nedeniyle yerini tekli indikatör tekniğine bırakmıştır ve bu metodda dolaşıma yalnızca soğuk salin bolusu verilir.



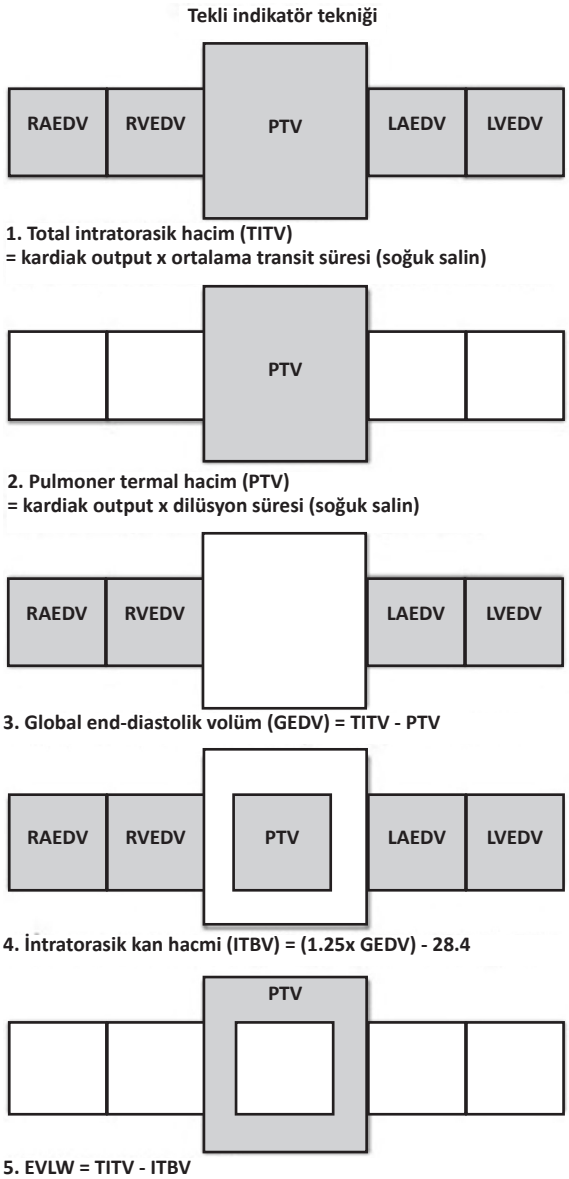
Şekil 5. Çiftli indikatör tekniğiyle damar dışı akciğer sıvısı hesaplanması.

Günümüzde tekli indikatör yöntemiyle transpulmoner termodilüsyon (TPTD) ölçümü için kullanılan PiCCO® (*Pulse Contour Cardiac Output*, Pulsion Medical System, Feldkirchen, Germany) ve EV1000® (Edwards Lifesciences, Irvine, CA, USA) sistemi olmak üzere 2 benzer ticari sistem vardır (Şekil 6) [17]. Termal indikatörün kullanıldığı TPTD metodunda pulmoner termal volüm (PTV), böylece, CO ve inen kısım süresi (dt) kullanılarak hesaplanabilir. İntratorasik total hacimde, PTV ile non-pulmoner bölümlerin termal



Şekil 6. A: PiCCO® (Pulse Contour Cardiac Output, Pulsion Medical System, Feldkirchen, Germany) B: EV1000® (Edwards Lifesciences, Irvine, CA, USA).

volümlerinin toplamına eşittir. Non-pulmoner termal bölümler ise kalp odacıklarındaki kan hacmine eşittir. Bu odacıklar diyastol sonunda en geniş hallerinde olduğundan bu hacme geleneksel olarak global end-diastolik volüm (GEDV) denir (Şekil 7).



Şekil 7. Tek indikatör tekniğiyle damar dışı akciğer sıvısı hesaplanması.

Transpulmoner indikatör dilüsyon tekniğinin klinik uygulamasında soğuk salin bolusunun sıcaklığı indikatör olarak rol oynar, santral dolaşıma enjekte edilir ve geçişi pulmoner arterde (transkardiyak termodilüsyon) veya distal aortta (transpulmoner termodilüsyon) saptanır. Stewart ve Hamilton tarafından geliştirilen prensiplere dayanarak indikatörün zamana bağlı değişimi hesaplanarak kardiyak debi hesaplanır ve bir indikatör dilüsyon eğrisi (transit süresine karşı konsantrasyon) oluşturulur [25]. Bu eğriden yola çıkarak CO, intratorasik hacimler, EVLW ve pulmoner vasküler permeabilite indeks (PVPI) gibi hemodinamik veriler elde edilebilir. Transpulmoner termodilüsyon yöntemi ile EVLW ölçümünün yakın zamana kadar en önemli kısıtlamalarından biri, kardiyak fonksiyonu bozuk hastalardaki güvenilirliği olmuştur. Hilty ve ark.'ları [26] tarafından yapılan bir çalışmada, TPTD ölçümlerinin ventrikül boyutu ve çıkım yolu obstrüksiyonundan etkilenmediği gösterilmiştir.

PiCCO® (Pulsion Medical System, Feldkirchen, Germany) sistemi ile EVLW ölçümü hayvan çalışmalarında, altın standart olan gravimetrik yöntem ile karşılaştırılmış ve geçerliliği ispat edilmiştir [27]. Termodilüsyon ile EVLW ölçümü normal akciğerlerde, kardiyojenik pulmoner ödemde ve ARDS modellerinde kesinlik göstermektedir. Yapılan bir insan otopsi çalışmasında, EVLW ile postmortem akciğer ağırlığı arasında kesin bir korelasyon gösterilmiştir [28]. Benzer şekilde, yakın zamanda beyin ölümü gerçekleşmiş hastalar üzerinde yapılan bir çalışmada, TPTD yöntemi ile ölçülen EVLW değerlerinin gravimetri ile yakın korelasyon gösterdiği bildirilmiştir [29].

Sonuç olarak, sıvı tedavisinin yönetiminde özellikle kritik hastalarda aşırı sıvı yüklenmesinin artmış mortalite ile ilişkili olduğu bilinmektedir. Sıvıya yanıtlılığın takibinde santral venöz basınç gibi "statik" belirteçlerin yanıltıcı olabileceği akılda tutulmalıdır. Bu nedenle, kalp-akciğer etkileşimi, pasif bacak kaldırma testi ve küçük hacimde sıvı infüzyonu kullanarak kardiak ön yükte kısa dönemli değişiklikler oluşturma prensibine dayanan nabız basıncı değişikliği, vena kava çapı gibi dinamik testler geliştirilmiştir. Ancak, bu testler belirli durumlar altında güvenilirdir. Transpulmoner termodilüsyon yöntemiyle yatak başı EVLW ölçümü kapiller kaçak ve sıvı yüklenmesinin öngörülmesini sağlar. Gelecekte özellikle akut akciğer hasarı (*Acute lung injury*, ALI)/ARDS hastalarının hemodinamik yönetiminde, EVLW ölçümünün önemli bir yer tutması beklenmektedir ve bu alanda yapılacak çalışmaların EVLW bazlı sıvı tedavisine odaklanması yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Cannesson M. Arterial Pressure Variation and Goal-Directed Fluid Therapy. J Cardiothorac Vasc Anesth. 2010;24:487-97. https://doi.org/10.1053/j.jvca.2009.10.008
2. Monnet X, Teboul JL. My patient has received fluid. How to assess its efficacy and side effects? Ann Intensive Care. 2018;8:15. https://doi.org/10.1186/s13613-018-0400-z
3. Kuiper AN, Trof RJ, Groeneveld ABJ. Mixed venous O2 saturation and fluid responsiveness after cardiac or major vascular surgery. J Cardiothorac Surg. 2013;8:189. https://doi.org/10.1186/1749-8090-8-189
4. Mekontso-Dessap A, Castelain V, Anguel N, et al. Combination of venoarterial PCO2 difference with arteriovenous O2 content difference to detect anaerobic metabolism in patients. Intensive Care Med. 2002;28:272-7. https://doi.org/10.1007/s00134-002-1215-8
5. Monnet X, Teboul JL. Assessment of fluid responsiveness: Recent advances. Curr Opin Crit Care. 2018;24:190-5. https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000501
6. Monnet X, Teboul JL. Transpulmonary thermodilution: Advantages and limits. Crit Care. 2017;21:147. https://doi.org/10.1186/s13054-017-1739-5
7. Lee CWC, Kory PD, Arntfield RT. Development of a fluid resuscitation protocol using inferior vena cava and lung ultrasound. J Crit Care. 2016;31:96-100. https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2015.09.016
8. Jozwiak M, Silva S, Persichini R, et al. Extravascular lung water is an independent prognostic factor in patients with acute respiratory distress syndrome. Crit Care Med. 2013;41:472-80. https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e31826ab377
9. Wang W, Yu X, Zuo F, et al. Risk factors and the associated limit values for abnormal elevation of extravascular lung water in severely burned adults. Burns. 2019;45:849-59. https://doi.org/10.1016/j.burns.2018.11.007
10. Malbrain ML, Marik PE, Witters I, et al. Fluid overload, de-resuscitation, and outcomes in critically ill or injured patients: a systematic review with suggestions for clinical practice. Anaesthesiol Intensive Ther. 2014;46:361-80. https://doi.org/10.5603/AIT.2014.0060
11. Cordemans C, de Laet I, van Regenmortel N, et al. Aiming for a negative fluid balance in patients with acute lung injury and increased intraabdominal pressure: A pilot study looking at the effects of PAL-treatment. Ann Intensive Care. 2012;2:S15. https://doi.org/10.1186/2110-5820-2-S1-S15
12. Eichhorn V, Goepfert MS, Eulenburg C, Malbrain MLNG, Reuter DA. Comparison of values in critically ill patients for global end-diastolic volume and extravascular lung water measured by transcardiopulmonary thermodilution: A metaanalysis of the literature. Med Intensiva. 2012;36:467-74. https://doi.org/10.1016/j.medin.2011.11.014
13. Tagami T, Ong MEH. Extravascular lung water measurements in acute respiratory distress syndrome: Why, how, and when? Curr Opin Crit Care. 2018;24:209-15. https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000503
14. Picano E, Pellikka PA. Ultrasound of extravascular lung water: A new standard for pulmonary congestion. Eur Heart J. 2016;37:2097-104. https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw164
15. Scali MC, Zagatina A, Simova I, et al. B-lines with Lung Ultrasound: The Optimal Scan Technique at Rest and During Stress. Ultrasound Med Biol. 2017;43:2558-66. https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2017.07.007
16. Assaad S, Shelley B, Perrino A. Transpulmonary Thermodilution: Its Role in Assessment of Lung Water and Pulmonary Edema. J Cardiothorac Vasc Anesth. 2017;31:1471-80. https://doi.org/10.1053/j.jvca.2017.02.018
17. Diaz-Gomez JL, Ripoll JG, Ratzlaff RA, et al. Perioperative Lung Ultrasound for the Cardiothoracic Anesthesiologist: Emerging Importance and Clinical Applications. J Cardiothorac Vasc Anesth. 2017;31:610-25. https://doi.org/10.1053/j.jvca.2016.11.031
18. Lancaster L, Bogdan AR, Kundel HL, McAffee B. Sodium MRI with coated magnetite: Measurement of extravascular lung water in rats. Magn Reson Med. 1991;19:96-104. https://doi.org/10.1002/mrm.1910190109
19. Mayo JR, MacKay AL, Whittall KP, Baile EM, Paré PD. Measurement of lung water content and pleural pressure gradient with magnetic resonance imaging. J Thorac Imaging. 1995;10:73-81. https://doi.org/10.1097/00005382-199501010-00007
20. den Harder AM, de Heer LM, Maurovich-Horvat P, et al. Ultra low-dose chest ct with iterative reconstructions as an alternative to conventional chest x-ray prior to heart surgery (CRICKET study): Rationale and design of a multicenter randomized trial. J Cardiovasc Comput Tomogr. 2016;10:242-5. https://doi.org/10.1016/j.jcct.2016.01.016
21. Velazquez M, Haller J, Amundsen T, Schuster DP. Regional lung water measurements with PET: Accuracy, reproducibility, and linearity. J Nucl Med. 1991;32:719-25.
22. Schuster DP, Anderson C, Kozlowski J, Lange N. Regional pulmonary perfusion in patients with acute pulmonary edema. J Nucl Med. 2002;43:863-70.
23. Pomerantz M, Delgado F, Eiseman B. Clinical evaluation of transthoracic electrical impedance as a guide to intrathoracic fluid volumes. Ann Surg. 1970;171:686-94. https://doi.org/10.1097/00000658-197005000-00007
24. Lewis FR, Elings VB, Hill SL, Christensen JM. The measurement of extravascular lung water by thermal-green dye indicator dilution. Ann N Y Acad Sci. 1982;384:394-410. https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1982.tb21388.x
25. Dasta JF, McLaughlin TP, Mody SH, Piech CT. Daily cost of an intensive care unit day: The contribution of mechanical ventilation. Crit Care Med. 2005;33:1266-71. https://doi.org/10.1097/01.CCM.0000164543.14619.00
26. Scillia P, Delcroix M, Lejeune P, et al. Hydrostatic pulmonary edema: Evaluation with thin-section CT in dogs. Radiology. 1999;211:161-8. https://doi.org/10.1148/radiology.211.1.r99ap07161
27. Naum A, Tuunanen H, Engblom E, et al. Simultaneous evaluation of myocardial blood flow, cardiac function

and lung water content using (15O) H2O and positron emission tomography. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2007;34:563-72. https://doi.org/10.1007/s00259-006-0259-3
28. Hopkins SR, Levin DL, Emami K, et al. Advances in magnetic resonance imaging of lung physiology. J Appl Physiol. 2007;102:1244-54. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00738.2006
29. Patroniti N, Bellani G, Maggioni E, Manfio A, Marcora B, Pesenti A. Measurement of pulmonary edema in patients with acute respiratory distress syndrome. Crit Care Med. 2005;33:2547-54. https://doi.org/10.1097/01.CCM.0000186747.43540.25