

# PERFORATÖR FLEPLERDE YENİ TEKNOLOJİLERİN KULLANIMI: PERFÜZYON HARİTALAMA TEKNİKLERİ

## THE UTILIZATION OF NEW TECHNOLOGIES IN PERFORATOR FLAPS: PERFUSION MAPPING TECHNIQUES

\*Cemile Nurdan Öztürk, \*\*Hakan Şirinoğlu, \*Can Öztürk, \*\*\*Risal Djoan, \*\*\*\*Mehmet Bozkurt

\* Roswell Park Kanser Enstitüsü, Plastik Cerrahi Kliniği, Buffalo, NEW YORK

\*\* Dr.Lütfi Kırdar Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Plastik Cerrahi Kliniği, İSTANBUL

\*\*\* Cleveland Clinic, Plastik Cerrahi Kliniği, Cleveland, Ohio

### ÖZET

Perforatör fleplerin son yıllarda popüler hale gelmesiyle flep dizaynında esneklik artmıştır. Gelişmiş görüntüleme yöntemleri perforatörlerin yerinin tespitini kolaylaştırmakla birlikte flebin gerçek zamanlı perfüzyonu ve perforatörlerin fonksiyonu ile net bilgi verememektedir. Kompleks bir cerrahi olarak kabul edilen perforatör flep ameliyatlarında, perforatörlerin özelliği ve beslediği alan göz önüne alınarak flep dizaynının modifiye edilmesi gerekebilmektedir. Bu sebeple flebin anlık perfüzyonunu değerlendiren ve dolaşım problemlerini teşhis etmede kullanılabilen perfüzyon haritalama teknikleri geliştirilmiştir. İndosiyanın yeşili ile floresan anjiyografi, kızıl-ötesine yakın spektrofotometri ve dinamik kızılötesi termografi, bu amaçla kullanılan teknolojilerdendir. Bu makalede güncel bir literatür taraması yapılarak bahsedilen tekniklerin perforatör flep cerrahisindeki rolü araştırılmıştır. Perfüzyon haritalama teknolojisi sağladığı objektif bilgi ile flep dizaynına yardımcı olur, yetersiz perfüze olan alanları belirler, hangi perforatörlerin flebe dahil edilmesi gerektiğine dair bilgi verir. En iyi beslenen dokuların flebe dahil edilmesiyle yağ nekrozu, kısmi veya tam flep kaybı riski azaltılabilir ve ameliyat esnasında karar verme süreci çabuklaştırılır. Ancak bu teknolojilerin maliyet-etkinlik değerlendirmesi konusunda kesin bir sonuca varabilmek için daha ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç vardır.

**Anahtar sözcükler:** Flep, perfüzyon, perforatör flep, indosiyanın yeşili, spektrofotometri, termografi

### ABSTRACT

The flexibility of flap design increased in the recent years following the popularization of perforator flaps. Although advanced imaging modalities may aid in locating the perforators, they are unable to give exact information about the real time perfusion of the flap or the function of the perforator vessel. The perforator flap surgery is a complex surgical procedure and the design of the flap often needs to be modified according to the characteristics of the perforator vessel and its perfusion area. Perfusion mapping methods provide objective data about the real time perfusion of the flap and help diagnose circulation problems. Florescent Angiography with Indocyanine Green, Near-Infrared Spectrophotometry and Dynamic Infrared Thermography are some of the more commonly used technologies used for this purpose. In this article, the role of the above mentioned modalities in perforator flap surgery was investigated by performing an up-to-date literature review. Perfusion mapping techniques help design perforator flaps by providing objective information. They also detect the insufficiently perfused areas and give information about which perforator should be included in the flap. The risk of fat necrosis and partial or complete flap failure may be reduced by including the well perfused tissues to the flap and the intraoperative decision making process may be facilitated. However, further studies are needed to elucidate cost-effectiveness of these technologies.

**Keywords:** Flap, perfusion, perforator flap, indocyanine green, spectrophotometry, thermography

## GİRİŞ

Perforatör flepler günümüzde hızla konvansiyonel serbest fleplerin yerini almaya başlamıştır. Kompozit ve kimerik flepler gibi farklı doku tipleri içeren flepler dizayn edilmekte ve yeni perforatör flep donör alanları saptanmaktadır. Perforatör fleplerin diseksiyonu, belirli bir öğrenme ve deneyim süreci gerektirdiğinden ve perforatör damarların anatomisi değişken olduğundan teknik olarak daha zordur. Perforatör damarların çapları genellikle bir milimetreden azdır ve diseksiyon esnasında kolaylıkla yaralanabilir. Bu sebeplerden ötürü perforatör fleplerde dikkatli planlama başarı için bir önşarttır. Ameliyat öncesi yapılan anjiyografi ve bilgisayarlı tomografi gibi çeşitli görüntüleme yöntemleriyle perfora-

törlerin sayısı, yeri ve seyri hakkında bilgi edinilebilir ancak bu perforatörlerin flebin kanlanmasına katkısını belirlemek zordur.

Flep perfüzyonunun değerlendirilmesi sıklıkla klinik gözleme (örn. flebin rengi, cilt kenarlarından kanama, kapiller dolumun hızı, sıcaklık ve turgor) dayanır. Bu yöntem halen altın standart olmakla birlikte deneyim gerektirir, sübjektiftir ve ekibin diğer üyelerine öğretilmesi zor olabilir. Buna karşılık flep perfüzyonunu objektif olarak değerlendiren yöntemlerin yorumlanması kolaydır ve alınacak kararların cerrahların izlenimlerine göre değil sayısal verilere göre belirlenmesini sağlar.

Cerrah bu bilgiyi kullanarak, perforatör flep cerrahisinde sıklıkla gerekebilen modifikasyonları ameliyat esnasında planlayabilir. Perfüzyon teknolojilerinin sensitivitesi yüksektir ve henüz klinik olarak belirgin hale gelmemiş sorunların erken fark edilmesini sağlarlar.<sup>1</sup> Bu yöntemler aynı zamanda flepteki iskemik bölgeleri belirleyebilir veya pedikülde oluşabilen katlanma, dıştan bası ve tromboz gibi olası sorunları da ortaya çıkarabilir. Bu sorunların ameliyat içinde fark edilmesi ve düzeltilmesiyle, flep kaybı riski, morbidite, ek ameliyat sayısı ve yetersiz perfüzyona bağlı yağ nekrozları azaltılabilir.

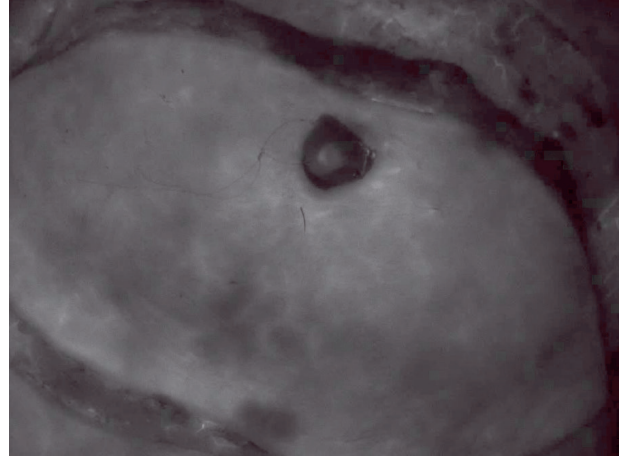
Flep perfüzyonunun değerlendirilmesini sağlayan başlıca üç yöntem bulunmaktadır: İndosiyanın Yeşili ile Floresan Anjiyografi (İSY), kızılötesine yakın spektrofotometri (KS) ve dinamik kızılötesi termografi (DKT). Bu yöntemlerin yalnız başlarına veya beraber kullanılmaları sayesinde flebin detaylı bir perfüzyon haritası çıkarılabilir. Bu makalede güncel bir literatür taraması yapılarak perfüzyon haritalama tekniklerinin perforatör flep cerrahisinde kullanımına ait yayınlar incelenmiştir. Bahsedilen teknolojilerin teknik özellikleri ve kullanım şekilleri özetlendikten sonra perforatör flep cerrahisindeki rolü tartışılacaktır.

### İndosiyanın Yeşili ile Floresan Anjiyografi

Lazer aracılı indosiyanın yeşili görüntülemesi, flep perfüzyonunun değerlendirilmesinde kullanılan başlıca yöntemlerden birisidir. Bu yöntem plastik cerrahide ilk olarak 1990'lı yılların sonlarında pediküllü transpozisyon fleplerinin değerlendirilmesinde kullanılmış ve sonrasında serbest fleplerin izlenmesi amacıyla kullanılmaya başlanmıştır.<sup>2</sup> İSY anjiyografisinin prensipleri standart anjiyografiye benzemektedir fakat bu yöntemde X-ışını kullanılmaz ve kızılötesine yakın salınım yapan bir lazer sayesinde görüntüleme yapılır.<sup>3,4</sup> İSY'nin emilim ve yayılım tepe noktaları sırasıyla 805nm ve 835nm'dir. Doğal kromoforlar bu dalga boylarındaki ışığı yansıtma özelliğine sahip olmadıklarından, cilt İSY görüntülemesi sırasında transparan kalır.<sup>1,4-6</sup> İndosiyanın yeşili periferik ven yoluyla bolus olarak enjekte edilir. Kullanılan doz genellikle 5-15 mg'dır ancak maksimum doz 5mg/kg olacak şekilde ek dozlar da verilebilir.<sup>3,7-9</sup> Subdermal kapiller ağda boyanma genellikle enjeksiyondan 15-30 saniye sonra gözlenir. Enjeksiyondan 30-60 saniye sonra boya venüllerde toplanmaya başlar ve indosiyanın plazma yarı ömrü 3-4 dakikadır (2,7,10). Lazer ışını, cildin yüzeyinden 3-5 mm altına kadar penetre olur ve kızılötesi optik filtresi bulunan bir kamera aracılığıyla görüntü kaydedilir<sup>2</sup> (Şekil 1). Subdermal damar ağı ekranda floresan bir parlama gibi görünürken iskemik alanlar karanlık kalır, perforatörler ise daha parlak ve belirgin olarak gözlenir (Şekil 2). Kameranın ham verileri gri floresan bir resim şeklinde gösterilebildiği gibi özgün işletim sistemi sayesinde flebin renkli perfüzyon haritası da oluşturulabilmektedir. Bu yöntemde doku oksijenizasyonunun artmış olduğu bölgeler kırmızı renk ile ifade edilirken, kanlanmanın yetersiz olduğu

bölgeler mavi olarak gösterilir (Şekil 3).

Lazer aracılı İSY görüntülemesinin klasik endikasyonu flepte perfüzyonu şüpheli bölgeler varlığıdır. İSY görüntülemesi ile yetersiz perfüzyon gösteren dokuların, sonraki takiplerde nekroz ve komplikasyonlar ile korele olduğu gösterilmiştir.<sup>2,11,12</sup> İSY görüntülemesi tekniği sayesinde, flebin en iyi beslenen alanlarının güvenle kullanımı, beslenmesi şüpheli olan bölümlerin ise kesilip atılması sağlanmış olunur. Benzer şekilde, venöz yetersizlik de dolaylı olarak ortaya konabilir. Eğer İSY boyası flebi terk etmiyorsa veya son enjeksiyondan 3-4 dakika sonra dokuda kalan fluoressan madde miktarı çevre dokudan fazla ise venöz yetersizlik riski yüksektir. Klinik olarak sorunsuz olarak da görülse, tüm flepte fluoressan madde birikimi saptanması halinde venöz dolaşım ile ilgili bir sıkıntı akla gelmelidir.<sup>1,4</sup> Ek olarak, İSY görüntülemesi anastomozdaki akımın gerçek zamanlı olarak değerlendirilmesini ve anastomozdaki tıkanıklık ve darlıkların tespiti edilmesini sağlar<sup>6,8,11,13</sup> (Şekil 4).

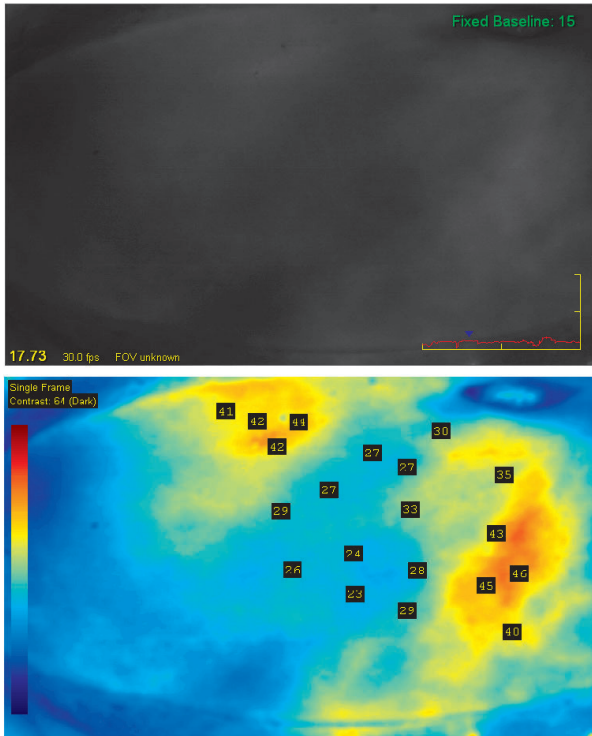


Şekil 1. İndosiyanın yeşili ile anjiyografide karın bölgesinde hazırlanmış derin inferior epigastrik arter flebinin perfüzyonu görülmektedir. Flebin tümünde izlenen fluoressan parlama, flep perfüzyonunun iyi olduğunun bulgusudur. Umbilikus etrafında artmış fluoressan parlama o bölgedeki yoğun perforatör sayısından dolayıdır.



Şekil 2. İndosiyanın yeşili anjiyografisiyle izlenen flepte ilk fluoressan parlama perforatörlerin etrafında başlar ve buradan flep geneline yayılır.

Lazer aracılı İSY görüntülemesi flep dizaynı ve perforatör seçimine de katkıda bulunur. En kuvvetli perforatörler cilt altında "fluoresan parlama" şeklinde görülürler.<sup>9,11,13</sup> Cilt adası dominant perforatörün üzerinde planlanarak, maksimal perfüzyon sağlanacak şekilde modifiye edilebilir. Cilt adası planlanırken, parlama görülen bölgenin perforatörün derindeki kas ve fasyadan çıkış noktasını değil subdermal pleksustaki konumunu gösterdiği unutulmamalıdır. Ayrıca flep hazırlanırken, İSY boyası çalışmaları sayesinde hangi perforatörlerin flebe dahil edileceği de belirlenebilir. Cerrah tarafından diseksiyonu gereksiz olduğuna karar verilen perforatörler geçici olarak mikrovasküler klemp-lerle tikanır. Ardından bolus şeklinde boya enjeksiyonu



**Şekil 3.** İndosiyenin yeşili anjiyografisiyle elde edilen fluoresan perfüzyon görüntüsü (üstte) bilgisayar programı ile renkli bir perfüzyon haritası (altta) haline dönüştürülebilir. Renk skalasındaki kırmızıya yakın renkler daha iyi perfüzyonla uyumludur.



**Şekil 4.** Mikrocerrahi tamamlandıktan sonra anastomozdaki kan akımı indosiyenin anjiyografisi ile görüntülenebilir ve pediküle ait problemler tespit edilebilir.

yapılır ve flep görüntülenir. Eğer perforatör klemplyken flepte yetersiz kanlanma saptanırsa, o perforatör feda edilmemelidir. Diğer yandan flebin kanlanmasında değişiklik olmazsa, perforatör güvenle feda edilebilir. Bu yöntem özellikle çok sayıda perforatörün dahil edilmek istendiği büyük fleplerde donör alan morbiditesinin azaltılmasında kullanılabilir.<sup>13</sup>

Yüzeysel inferior epigastrik arter (SIEA) flebi gibi, değişken anjiyozomlar içeren fleplerin perfüzyon paternleri, flep transferinden önce İSY görüntülemesi ile değerlendirilebilir. SIEA'nın beslediği alanı belirlemek bölgenin derin ve yüzeysel epigastrik arterlerden çift taraflı olarak beslenmesi nedeniyle zordur. Flep her iki arter sistemi üzerinde izole edildikten sonra derin sistem bir mikrovasküler klemp ile geçici olarak tikanıp flebin sadece yüzeysel sistem tarafından beslenmesi sağlanır. Bu aşamada İSY ile görüntüleme yapılarak flebe dahil edilecek dokunun sınırları güvenle belirlenebilir. Eğer iyi perfüzyon gösteren doku hacminin yetersiz olduğuna karar verilirse, flep derin epigastrik sistem üzerinden kaldırılır. Bu yöntem flebin yeterli bir şekilde perfüze olmasını sağlayan damarları güvenli bir şekilde saptadığından ameliyat içindeki karar verme sürecine belirgin katkısı olur.<sup>14</sup> Ameliyat içi perfüzyon haritalaması yapılmadığında cerrah doğru damarların seçilip seçilmediği ile ilgili ancak geriye dönük olarak bilgi sahibi olabilir.

### Kızılötesi'ne yakın Spektrofotometri

Kızılötesi'ne yakın Spektrofotometri (KS) doku oksijenizasyonunu ölçen ve perfüzyon haritalamasında kullanılabilen diğer bir yöntemdir. Flebin değerlendirilmesinde, kızılötesi ışığa yakın dalga boyunda ışık yayan bir prob kullanılır (Şekil 5). Probdan yayılan ışığın bir bölümü kandaki kromoforlar (hemoglobin) tarafından emilirken bir bölümü ise yansıtılır. Oksijenle bağlı hemoglobin, bağlanmamış formuna göre daha fazla ışık absorbe ettiğinden, kapiller oksijen yoğunluğu ne kadar çoks o kadar fazla ışık absorbe edilir ve çok daha az ışık yansıtılır.<sup>15,18</sup> Yansıtılan ışık alıcı tarafından ölçülür ve ekteki bilgisayar tarafından oksijenle bağlanmış hemoglobin yüzdesi spektrofotometrik prensipler uyarınca hesaplanır.<sup>15,19</sup> Spektrofotometri doku kanlanmasının gerçek zamanlı olarak belirlenmesini sağlar ve elde edilen veriler video görüntüsüne aktarılır (Şekil 6). Oksijenle bağlanmış hemoglobin yüzdesindeki değişiklikler vasküler perfüzyonla yakından ilişkilidir.<sup>17,18,20-22</sup> KS cihazlarının çoğu subdermal kapiller ağdaki doku oksijenizasyonunu ölçmek için tasarlanmıştır. Fakat cihazın dizaynına göre kızılötesi ışınlar cilt yüzeyinden 4 ila 40 mm derine kadar penetre olabilir.<sup>15,16,23-26</sup>

Spektrofotometri klasik olarak ameliyat sonrası flep takibinde<sup>24,27-33</sup> kullanılsa da, ameliyat esnasında flep perfüzyonunun değerlendirilmesinde de kullanılabilir. Flep transferi için pedikül ayrılmadan önce, flep yüzeyinden yapılan çoklu ölçümlerle flebin



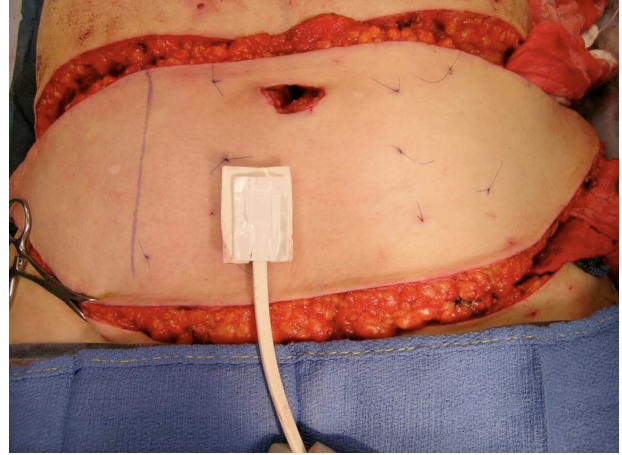
farklı bölgelerindeki doku oksijenizasyonu belirlenir. Bu sayede dolaşımın yetersiz olduğu bölgeler belirle-nerek eksize edilebilir. Eğer doku oksijenizasyonu tüm flepte yetersizse, ana pedikül ile ilgili tromboz, pedikül yaralanması veya spazm gibi bir sorun olabilir. Günümü-zde kritik iskemi ile doku sağkalımı arasındaki geri dönüşümsüz noktanın hangi doku oksijenizasyonu de-ğerinde olduğu bilinmemektedir. Fakat son dönemde dokunun oksijen satürasyonunun %30-40'ın altında ol-duğu durumlarda flep kaybı ve doku nekrozu gelişeceği yönünde bir ortak fikir oluşmaya başlamıştır.<sup>24,31,33</sup>

Spektrofotometri, daha önce İSY görüntülemesin-de anlatılana benzer bir strateji ile fonksiyonel olarak önemli perforatörlerin saptanmasında kullanılabilir. Bel-li sayıda perforatör izole edildikten sonra, perforatörleri feda etmeden önce, flebin cilt adası üzerinde rastgele belirlenen dört bölge işaretlenir ve her bölgede oksijen satürasyonu ölçülerek kaydedilir. Daha sonra cerrahın flebe dahil etmeyi düşünmediği perforatörler mikro-vasküler klemplerle geçici olarak tikanır ve aynı bölge-lerde ölçümler tekrarlanır (Şekil 7). Eğer doku oksijeni-zasyonu %40'ın üzerindeyse klemplenmiş perforatörler feda edilebilir. KS yönteminde flebin farklı noktalarında ölçülen doku oksijenizasyonu değerleri arasında oldukça fazla varyasyon gözlenir. Bu nedenle flepte önceden belirlenen aynı noktalar ölçüm için kullanılmalıdır. Pro-bun doğrudan perforatör üzerine yerleştirilmesi, ger-çeği yansıtmayan son derece yüksek ölçümlere neden olduğundan önerilmemektedir.

### Dinamik Kızılötesi Termografi

Flep perfüzyonunun değerlendirilmesinde daha az sıklıkta kullanılan diğer bir teknoloji kızılötesi ter-mografidir. Bu teknikte, cilt yüzeyi sıcaklığını ölçülerek indirekt olarak perfüzyon ile ilgili bilgi edinilir. Termog-rafik özellikle bir kamera flebin sıcaklığını kaydeder ve bilgisayar programı vasıtasıyla bilgiler işlenerek renkli kodlamalı bir harita meydana getirilir. Sıcaklığın fazla olduğu bölgeler kırmızı olarak kodlanır ve yüksek kan akımı ve artmış kızılötesi ışık yayılımını içeren bölgeleri temsil ederler. Mavi renk ise düşük kan akımı olan böl-geleri işaret eder.<sup>34-36</sup>

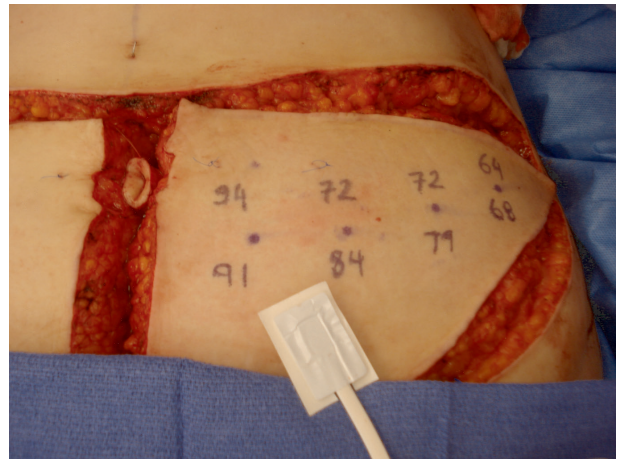
Statik termografik yöntemler ile flebin anlık termal haritası çıkarılabilir. Fakat bu tip ölçüm, çevre sıcaklığı ve hastanın vücut sıcaklığı gibi değişkenlere bağlı olduğundan sınırlı yarara sahiptir.<sup>37</sup> Diğer yandan Dinamik Kızılötesi Termografi'de (DKT) flebin soğuk uygulama sonrası 'yeniden ısınma' paterni gözlemlenir. Yeniden ısınma flepteki kan akımına bağlıdır ve perfüzyonu statik termografiye göre daha net bir şekilde yansıtır.<sup>37</sup> Soğuk uygulama yönteminde, flep geçici olarak birkaç derece soğutulduktan sonra, yeniden ısınırken, termog-rafik kamera ile değerlendirilir. Flebin soğutulması genelde bir vantilatör yardımıyla esinti oluşturularak ya da ameliyathane koşullarında oda sıcaklığında bir metal levhanın flebe 30 saniye süre temasıyla sağlanır.<sup>38</sup>



Şekil 5. Spektrofotometri ile perfüzyon belirlenmesinde kızılötesi ışığa yakın dalga boyunda ışık yayan bir prob kullanılır.

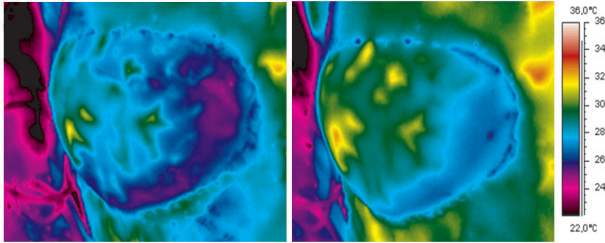


Şekil 6. Spektrofotometri sonuçları bilgisayar konsoluna yansıtılarak doku perfüzyonu yüzde olarak gösterilmektedir.

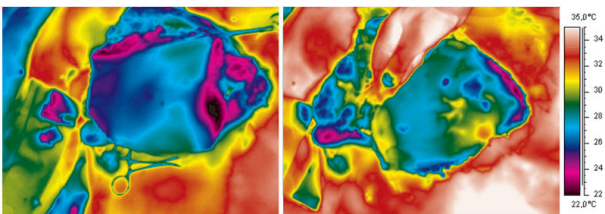


Şekil 7. DIEP flebinin yüzeyinde dört noktadan ölçülen perfüzyon verileri flep üzerinde kaydedilmiştir. Altta sıradaki numaralar tüm perforatörler korunurkenki perfüzyon değerlerini göstermektedir. Üst sıradaki numaralar ise bazı perforatörler geçici olarak klemplendikten sonra elde edilen değerleri göstermektedir. Perforatörlerin klemplenmesinin perfüzyon üzerinde az etkisi olduğu görüldüğünden bu perforatörler güvenli bir şekilde feda edilebilir.

Ameliyat esnasında flep donör alandan ayrıldıktan sonra soğumaya başlar ve oda sıcaklığına ulaşır. Flebe tekrar kan akımı sağlanmasıyla başlayan yeniden ısınmanın paterni, flebin kan akımı paterni ile uyumludur. Sıcaklık artışının ilk gözlemlendiği yerler ilk kanlanan bölgelerdir. Perforatörlerin cilt adasına girdiği ve Doppler sinyali elde edilebilen yerlerde 'sıcak noktalar' diye adlandırılan kuvvetli sıcaklık artışı bölgeleri meydana gelir<sup>35,36,39,40</sup> (Şekil 8). Mikrovasküler anastomozdan sonra flebin genelinde sıcaklık artışı meydana gelmiyor veya başlangıçta bir ısınma periyodu sonrasında flep tekrar soğumaya başlıyorsa, flebin sağkalımı için yeterli perfüzyon yoktur (Şekil 9). Bu durum genellikle anastomoz veya flep pedikülündeki bir problem veya alıcı damarın yetersiz kan sağlaması nedeniyle meydana gelir. Arteriyel kan akımının azalması ve durması durumunda, sıcak noktalar hiç oluşmaz veya oluşanlar ortadan kaybolmaya başlar ve flebin tümünde sıcaklık haritası soğuma gösterir.<sup>35</sup> Venöz yetersizlikte ise belirgin sıcak noktaların seçilemediği kısa bir ısınma dönemi oluşur. Flepte ısınma olmayan (yeterli kanlanmayan) belirli bölgelerin varlığı, flep içinde emboli meydana geldiğini, perforatörün hasarlandığını veya cerrahin seçmiş olduğu perforatörün flepteki anjiyozomları beslemediğini gösterir. Birçok araştırmacı, termografinin trombüs ve dış faktörlere bağlı (örn. pedikül basısı) perfüzyon sorunlarını güvenilir ve net bir şekilde tespit edebildiğini göstermişlerdir.<sup>35,38-41</sup>



**Şekil 8.** DIEP flebinin 'yeniden ısınma' paternini gösteren termografik görüntüler. Soldaki resim flebe soğuk uygulamadan bir dakika sonra, sağdaki resim ise 3 dakika sonra çekilmiştir. Bu kısa zaman zarfında gerek sayı gerek yoğunluk açısından artış gösteren sıcak noktaların görünümü dikkat çekmektedir. (Louis de Weerd ve James B Mercer'in izniyle)



**Şekil 9.** DIEP flebin aktarılmasından sonra elde edilen termografik görüntüler. Soldaki resim anastomozların tamamlanmasından bir dakika sonra çekilmiştir ve 'yeniden ısınma' bulgusu göstermemektedir. Sağdaki resim ise arter anastomozu yenilendikten 30 saniye sonra ortaya çıkan sıcak noktalar ve flepte meydana gelen belirgin ısınma görülmektedir. (Louis de Weerd ve James B Mercer'in izniyle)

Dinamik kızılötesi termografi flep planlaması ve perforatör flep dizaynında da kullanılabilir (36,38,40,42). Termografik haritadaki sıcak noktalar flepteki perforatörlerin yerleri ile ilişkilidir.<sup>38</sup> Ancak sıcak noktaların ortaya konması için tekrarlayan soğuk uygulamaları ve çok sayıda görüntüleme yapmak gerekir ve bu zaman alıcıdır. Ayrıca yüzeysel venlerdeki kan akımı ve tembel akım gösteren bölgelerdeki sıcak alanlar, perforatörlere benzeyen bir termal görüntü oluşturarak karışıklıklara neden olabilmektedir<sup>40,41</sup> Yeniden ısınmanın derecesi ve paternine göre perforatörlerin yerlerinin belirlenmesi belirli bir deneyim gerektirmektedir.

## TARTIŞMA

Perforatör fleplerin başarılı olması için yeterli dolaşımı sağlayacak uygun perforatörlerin seçilmesi büyük önem taşır. Ameliyat öncesi yapılan görüntüleme teknikleriyle, perforatör damar anatomisi ve hangi damarların perfüzyon için kritik olduğuna dair fikir edinilebilir. Ancak kan akımının objektif ve kantitatif olarak değerlendirilmesinde perfüzyon çalışmaları daha fazla bilgi vermektedir. Perfüzyon haritalaması cerraha ameliyat içindeki kararlarında subjektif izlenimlere göre değil objektif verilere göre hareket etme olanağı sağlar. Ameliyatın hangi aşamasında hangi teknolojinin kullanımının ideal olduğu cerrahın tercihine ve bahsedilen teknolojilerin ulaşılabilirliğine bağlı olmakla birlikte literatür taramamız sonucu belirlenen yaygın kullanım endikasyonları Tablo 1'de özetlenmiştir (Tablo-1).

Flep perfüzyon haritalamasında kullanılan yöntemlere bakıldığında İSY anjiyografisinin en kesin ve geçerli yöntem olduğu görülmektedir. Bu teknikle objektif ve anlaşılması kolay bir perfüzyon haritası elde edilir. İSY anjiyografisi perforatörlerin yerini ve dolaşıma katkısını net bir şekilde ortaya koyabilmektedir. Kullanımı kolaydır ve tekrarlanabilen, kantitatif bilgi verir. Diğer yandan, yüksek maliyeti ve damar içi enjeksiyon gerektirmesi gibi dezavantajları vardır. Dinamik kızılötesi termografi benzer bir perfüzyon haritası elde eder ancak perforatörlerin tam yerinin bulunması ve yeniden ısınma paterninin yorumlanması nispeten subjektiftir ve tecrübe gerektirir. İnvaziv olmaması ve daha düşük maliyetli bir teknoloji olmasına rağmen tekrarlayan soğuma-ısınma periyotları gerektirdiğinden zaman kaybettirici olabilir. Spektrofotometrik yöntemlerin perfüzyon belirleme amaçlı kullanımı tartışmalıdır. Flepteki farklı noktalar farklı oksijenizasyon gösterebildiğinden ve anlık bir perfüzyon haritası sunmadığından bu yöntem ameliyat sonrası flep takibi için daha uygundur. Perfüzyon haritalama tekniklerinin tümüne ait ortak bir dezavantaj, geçici spazmların perfüzyonla ilgili yanıltıcı bilgi vermesi ihtimalidir. Perfüzyon teknolojilerinin avantajları ve dezavantajları Tablo 2'de özetlenmiştir (Tablo-2).

Bahsettiğimiz ekipmanların tümü her zaman ulaşılabilir değildir ve en önemli dezavantajları maliyetleridir. Bu sebeple perforatör fleplerde rutin kullanımdan

**Tablo I.** Flep perfüzyon teknolojilerinin önerilen kullanım alanları tabloda özetlenmiştir. İSY: İndosiyanın Yeşili Anjiyografisi, DKT: Dinamik Kızılötesi Termografi, KS: Kızılötesine yakın Spektrofotometri

	İLK TERCİH	İKİNCİ TERCİH	ÜÇÜNCÜ TERCİH
<b>Ameliyat öncesi</b>			
-Flep dizaynı	İSY	DKT	
-Perforatörlerin yerinin belirlenmesi			
<b>Ameliyat sırasında</b>			
-Perforatör seçimi	İSY	KS	
-Pedikül seçimi			
-Flep seçimi			
<b>Anastomoz sonrası</b>			
-Anastomozun kontrolü	İSY	KS	DKT
-Perfüzyonun kontrolü			
<b>Ameliyat sonrası</b>			
-Flep takibi	KS	DKT	

**Tablo II.** İndosiyanın yeşili ile floresan anjiyografi, kızıl ötesine yakın spektrofotometri ve dinamik kızılötesi termografinin özelliklerinin karşılaştırılması

ÖZELLİK	İNDOSİYANİN YEŞİLİ İLE ANJİYOĞRAFİ	KIZIL ÖTESİNE YAKIN SPEKTROFOTOMETRİ	DİNAMİK KIZILÖTESİ TERMOGRAFI
İlaç enjeksiyonu gerektirmesi	+	-	-
Perfüzyonu direkt olarak değerlendirebilmesi	+++	++	+
Zaman alıcı olması	+	++	++
Kullanım kolaylığı	+	++	+
Maliyeti	+++	++	+

ziyade seçilmiş vakalarda; örneğin flep perfüzyonu net olarak değerlendirilemediğinde, birden çok perforatör damar arasında karar verilmesi gerekiyorsa ve geniş yüzeyle fleplerin yeterli miktarda perfüze olup olmadığının değerlendirilmesinde kullanılması daha uygundur. Yetersiz kanlanmanın çabuk olarak fark edilmesi ve flebin iyi perfüze olmayan yerlerinin belirlenmesiyle yağ nekrozu, kısmi veya tam flep kaybı riski azaltılabilir. Ek olarak bu yöntemler karar verme aşamasını hızlandırarak ameliyat süresini kısaltabilir. Bu şekilde hastanın bakımı için harcanan toplam maliyeti azaltmış olur. Ancak bu teknolojilerin maliyet-etkinliklerinin daha iyi ortaya konulması için daha fazla veriye ihtiyaç vardır.

**Teşekkür:** Dinamik Kızılötesi Termografi bölümündeki fotoğrafları sağlayan, Kuzey Norveç Üniversitesi Hastanesi (Tromsø, Norveç) çalışanları Louis de Weerd, MD, Ph.D. ve James B. Mercer, MD, Ph.D.'ye teşekkür ederiz.

#### Dr. Hakan ŞİRİNOĞLU

Dr. Lütfi Kırdar Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Şemsi Denizer Cd. E-5 Karayolu Cevizli Mevkii 34890 Kartal, İstanbul

E-posta: drhakansirinoglu@gmail.com

## KAYNAKLAR

- Holm C, Mayr M, Hofer E, et al. Assessment of the patency of microvascular anastomoses using microscope-integrated near-infrared angiography: a preliminary study. *Microsurgery* 2009;29:509-14.
- Holm C, Tegeler J, Mayr M, et al. Monitoring free flaps using laser-induced fluorescence of indocyanine green: a preliminary experience. *Microsurgery* 2002;22:278-87.
- Azuma R, Morimoto Y, Masumoto K, et al. Detection of skin perforators by indocyanine green fluorescence nearly infrared angiography. *Plast Reconstr Surg* 2008;122:1062-7.
- Krishnan KG, Schackert G, Steinmeier R. The role of near-infrared angiography in the assessment of post-operative venous congestion in random pattern, pedicled island and free flaps. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2005;58:330-8.
- Eren S, Rubben A, Krein R, et al. Assessment of microcirculation of an axial skin flap using indocyanine green fluorescence angiography. *Plast Reconstr Surg* 1995;96:1636-49.
- Newman MI, Samson MC. The application of laser-assisted indocyanine green fluorescent dye angiography in microsurgical breast reconstruction. *J Reconstr Microsurg* 2009;25:21-6.
- Liu DZ, Mathes DW, Zenn MR, et al. The application of indocyanine green fluorescence angiography in plastic surgery. *J Reconstr Microsurg* 2011;27:355-64.
- Mohebbi J, Gottlieb LJ, Agarwal JP. Further validation for use of the retrograde limb of the internal mammary vein in deep inferior epigastric perforator flap breast reconstruction using laser-assisted indocyanine green angiography. *J Reconstr Microsurg* 2010;26:131-5.
- Pestana IA, Coan B, Erdmann D, et al. Early experience with fluorescent angiography in free-tissue transfer reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 2009;123:1239-44.
- Lee BT, Matsui A, Hutteman M, et al. Intraoperative near-infrared fluorescence imaging in perforator flap reconstruction: current research and early clinical experience. *J Reconstr Microsurg* 2010;26:59-65.



11. Komorowska-Timek E, Gurtner GC. Intraoperative perfusion mapping with laser-assisted indocyanine green imaging can predict and prevent complications in immediate breast reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 2010;125:1065-73.
12. Still J, Law E, Dawson J, et al. Evaluation of the circulation of reconstructive flaps using laser-induced fluorescence of indocyanine green. *Ann Plast Surg* 1999;42:266-74.
13. Matsui A, Lee BT, Winer JH, et al. Image-guided perforator flap design using invisible near-infrared light and validation with x-ray angiography. *Ann Plast Surg* 2009;63:327-30.
14. Holm C, Mayr M, Hofter E, et al. Interindividual variability of the SIEA Angiosome: effects on operative strategies in breast reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 2008;122:1612-20.
15. Rao R, Saint-Cyr M, Ma AM, et al. Prediction of post-operative necrosis after mastectomy: a pilot study utilizing optical diffusion imaging spectroscopy. *World J Surg Oncol* 2009;7:91.
16. Holzle F, Loeffelbein DJ, Nolte D, et al. Free flap monitoring using simultaneous non-invasive laser Doppler flowmetry and tissue spectrophotometry. *J Craniomaxillofac Surg* 2006;34:25-33.
17. Irwin MS, Thorniley MS, Dore CJ, et al. Near infra-red spectroscopy: a non-invasive monitor of perfusion and oxygenation within the microcirculation of limbs and flaps. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 1995;48:14-22.
18. Thorniley MS, Sinclair JS, Barnett NJ, et al. The use of near-infrared spectroscopy for assessing flap viability during reconstructive surgery. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 1998;51: 218-26.
19. Wukitsch MW, Petterson MT, Tobler DR, et al. Pulse oximetry: analysis of theory, technology, and practice. *J Clin Monit* 1988;4:290-301.
20. Hunt TK, Rabkin J, Jensen JA, et al. Tissue oximetry: an interim report. *World J Surg* 1987;11:126-32.
21. Hirigoyen MB, Blackwell KE, Zhang WX, et al. Continuous tissue oxygen tension measurement as a monitor of free-flap viability. *Plast Reconstr Surg* 1997;99:763-73.
22. Kamolz LP, Giovanoli P, Haslik W, et al. Continuous free-flap monitoring with tissue-oxygen measurements: three-year experience. *J Reconstr Microsurg* 2002;18:487-91.
23. Scheufler O, Exner K, Andresen R. Investigation of TRAM flap oxygenation and perfusion by near-infrared reflection spectroscopy and color-coded duplex sonography. *Plast Reconstr Surg* 2004;113:141-52.
24. Pelletier A, Tseng C, Agarwal S, et al. Cost analysis of near-infrared spectroscopy tissue oximetry for monitoring autologous free tissue breast reconstruction. *J Reconstr Microsurg* 2011;27:487-94.
25. Cai ZG, Zhang J, Zhang JG, et al. Evaluation of near infrared spectroscopy in monitoring postoperative regional tissue oxygen saturation for fibular flaps. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2008;61:289-96.
26. Whitaker IS, Pratt GF, Rozen WM, et al. Near Infrared Spectroscopy for Monitoring Flap Viability Following Breast Reconstruction. *J Reconstr Microsurg* 2012;28:149-54.
27. Holzle F, Rau A, Loeffelbein DJ, et al. Results of monitoring fasciocutaneous, myocutaneous, osteocutaneous and perforator flaps: 4-year experience with 166 cases. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2009;39:21-8.
28. Colwell AS, Wright L, Karanas Y. Near-infrared spectroscopy measures tissue oxygenation in free flaps for breast reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 2008;121:344e-5e.
29. Keller A. A new diagnostic algorithm for early prediction of vascular compromise in 208 microsurgical flaps using tissue oxygen saturation measurements. *Ann Plast Surg* 2009;62:538-43.
30. Repez A, Oroszy D, Arnez ZM. Continuous postoperative monitoring of cutaneous free flaps using near infrared spectroscopy. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2008;61:71-7.
31. Steele MH. Three-year experience using near infrared spectroscopy tissue oximetry monitoring of free tissue transfers. *Ann Plast Surg* 2011;66:540-45.
32. Keller A. Noninvasive tissue oximetry for flap monitoring: an initial study. *J Reconstr Microsurg* 2007;23:189-97.
33. Colwell AS, Buntic RF, Brooks D, et al. Detection of perfusion disturbances in digit replantation using near-infrared spectroscopy and serial quantitative fluoroscopy. *J Hand Surg Am* 2006;31:456-62.
34. de Weerd L, Weum S, Mercer JB. Dynamic Infrared Thermography (DIRT) in the preoperative, intraoperative and postoperative phase of DIEP flap surgery. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2012;65:694-5.
35. Tenorio X, Mahajan AL, Wettstein, R, et al. Early detection of flap failure using a new thermographic device. *J Surg Res* 2009;151:15-21.
36. Salmi AM, Tukiainen E, Asko-Seljavaara S. Thermographic mapping of perforators and skin blood flow in the free transverse abdominis musculocutaneous flap. *Ann Plast Surg* 1995;35:159-64.
37. Wilson SB, Spence VA. Dynamic thermographic imaging method for quantifying dermal perfusion: potential and limitations. *Med Biol Eng Comput* 1989;27:496-501.
38. de Weerd L, Mercer JB, Weum S. Dynamic infrared thermography. *Clin Plast Surg* 2011;38:277-92.
39. de Weerd L, Mercer JB, Setsa LB. Intraoperative dynamic infrared thermography and free-flap surgery. *Ann Plast Surg* 2006;57:279-84.
40. Itoh Y, Arai K. Use of recovery-enhanced thermography to localize cutaneous perforators. *Ann Plast Surg* 1995;34:507-11.
41. de Weerd L, Miland AO, Mercer JB. Perfusion dynamics of free DIEP and SIEA flaps during the first postoperative week monitored with dynamic infrared thermography. *Ann Plast Surg* 2009;62:42-7.
42. Whitaker IS, Lie KH, Rozen WM, et al. Dynamic infrared thermography for the preoperative planning of microsurgical breast reconstruction: a comparison with CTA. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2012;65:130-2.