

Ameliyat Öncesi Perforatör Tayininde Dinamik İnfrared Termografi ve El Dopplerinin Başarısının Karşılaştırılması

Comparison of Dynamic Infrared Thermography and Handheld Doppler in Preoperative Perforator Mapping

Gökhan SERT1

Özet

Amaç:

Termografik görüntüleme, perforatör flep cerrahisinde ameliyat öncesi perforatör tayini için kullanılan farklı yöntemler arasında güncel bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Bu amaçla en sık kullanılan yöntem ise el dopleri ile muayenedir. Çalışmada farklı etiyolojiler sonucunda ortaya çıkan defektlerin onarımında kullanılan perforatör fleplerin perforatör tayininde, dinamik infrared termografi (DIRT) ve el dopleri ile muayene tekniklerinin başarılarının karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem:

Kliniğimizde Mayıs 2021 – Aralık 2021 tarihleri arasında perforatör flep cerrahisi gerçekleştirilen hastalara ait kayıtlar retrospektif olarak incelendi. Tüm hastaların el dopleri ve termal görüntüleme ile yapılan işaretlemeleri ve ameliyat içi bulguları değerlendirildi.

Bulgular:

Toplam 11 hastanın %54,5'inde etiyoloji travma, %36,3'ünde tümör rezeksiyonu ve %9,2'sinde yanıktı. Rekonstrüksiyon amacıyla iki hastada medial sural arter perforatör flebi, dört hastada anterolateral uyluk flebi, iki hastada süperfisiyel radial arter perforatör flebi, bir hastada hipotenar serbest flep, bir hastada anterior tibial arter perforatör flebi ve bir hastada derin inferior epigastrik arter perforatör flebi kullanıldı. Ameliyat öncesinde el dopleri ile 11 perforatör sinyali tespit edildi, DIRT ile 19 perforatör lokalize edildi ve ameliyat sırasında toplam 20 perforatör ile karşılaşıldı. Bu perforatörlerin %55'i el dopleri ile işaretlenen perforatörler iken, %95'i DIRT ile tespit edilen perforatörlerdi. İki yöntemin ameliyat öncesi perforatör lokalize etmedeki başarıları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p=0.005$). Komplikasyon olarak hastaların yalnızca birinde ameliyat sonrası üçüncü günde gelişen kompresyon sebepli venöz tromboz ile karşılaşıldı. Tartışma: Perforatör flep cerrahisinde başarı için en önemli basamaklardan biri perforatörün lokalizasyonunun ameliyat öncesinde doğru şekilde tespit edilebilmesidir. Bu amaçla kullanılan yöntemler içerisinde termografi güncel ve güvenilir bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Dinamik görüntüleme kullanılarak değerlendirmede başarı artırılabilir. El dopleri ile karşılaşılan yanlış pozitiflikler nedeniyle yerine termografi tercih edilebilir.

Sonuç: Perforatör flep cerrahisinde ameliyat öncesi perforatör seçiminde dinamik infrared termografiye izin veren akıllı telefon uyumlu termal kameraların kullanılması, el dopleri ile yapılan değerlendirmelerden daha başarılı sonuç vermektedir.

Anahtar Kelimeler: Flir One, Mikrocerrahi, Perforatör flep, Termal kamera

Abstract

Aim:

Thermographic imaging has been gaining popularity since its introduction for localizing perforators preoperatively in perforator flap surgery. Another device that is used frequently for this purpose is the handheld doppler. In this study, the success of these two different methods, handheld doppler and dynamic infrared thermography (DIRT), when localizing perforators were compared.

Material and Method: Medical records of the patients who were previously operated with perforator flaps between May-December 2021 were evaluated. The markings related to handheld doppler and DIRT, and the intraoperative findings were analyzed.

Results: Eleven patients were operated with perforator flaps within this time period. The etiology was trauma in 54,5%, tumor resection in 36,3% and burn in 9,2% of the patients. For reconstruction, medial sural artery perforator flap (2 patients), anterolateral thigh flap (4 patients), superficial branch of radial artery perforator flap (2 patients), hypothenar free flap (1 patient), anterior tibial artery perforator flap (1 patient) and deep inferior epigastric artery perforator flap (1 patient) were used. 11 perforator signals were detected with handheld doppler, whereas 19 hot-spots were marked with DIRT. Total of 20 perforators were encountered during flap harvest. 55% of these perforators were successfully localized with handheld doppler whereas the success rate of DIRT was 95%. The difference between success rates of these two modalities was statistically significant ($p=0.005$).

Discussion:

The key in success with the perforator flap surgery is to correctly locate the perforator preoperatively. Thermography is a relatively new and reliable method for this purpose. The success rate would be higher with dynamic imaging. Thermography could be used as an alternative for handheld doppler because of its high false positive rates.

Conclusion: The correlation between the intraoperative findings and the preoperative markings were significantly higher with DIRT, when compared to handheld doppler in perforator flap surgery.

Keywords: Flir One, Microsurgery, Perforator flap, Thermal camera

¹Sağlık Bakanlığı, Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Plastik Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahi Kliniği, Ankara, Türkiye

Makale Geliş Tarihi / Submitted: Ocak / January 2022

Makale Kabul Tarihi / Accepted: Mart / March 2022

Sorumlu Yazar / Corresponding Author:

Gökhan SERT
Adres: Sağlık Bakanlığı Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Plastik Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahi Kliniği, B Blok 2.
Kat. Hacettepe Mh. Ulucanlar Cd. No:89, 06230, Altındağ, Ankara, Türkiye
Tel: +90 536 602 8987
E-posta: drqokhansert@gmail.com
ORCID: 0000-0002-8005-5049

Yazar Bilgileri / Author Information:

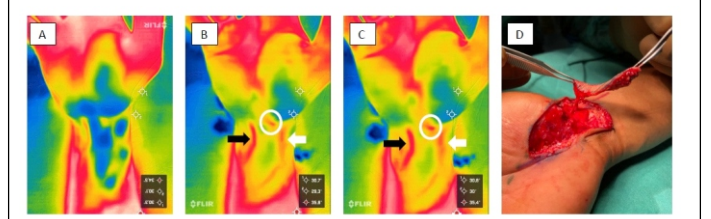
İzzet KORKMAZ: ORCID: [0000-0001-7327-3809](https://orcid.org/0000-0001-7327-3809). korkmazmail@yahoo.com

GİRİŞ

Koshima ve Soeda'nın 1989 yılında derin inferior epigastrik arter kaynaklı muskulkütan perforatörler üzerinden kaldırılan karın cildi flebini tanımlamalarıyla rekonstrüktif mikrocerrahi alanına kazandırılan perforatör flepler, donör saha morbiditesini azaltmaları ve kas-deri fleplerinden daha ince doku sağlamaları gibi avantajlarıyla ön plana çıkarak günümüze kadar oldukça yüksek popülarite kazanmışlardır. Perforatör flep cerrahisinde perforatör tayini ve cilt adasının dizaynı için pek çok farklı preoperatif muayene ve görüntüleme yöntemi kullanılmaktadır. Bunlar arasında en sık kullanılanlar el dopleri ile muayene, dopler ultrasonografi, BT anjiyografi ve MR anjiyografidir. El dopleri düşük maliyeti, kolay ulaşılabilir ve uygulanabilir olması ile bu seçenekler arasında en sık tercih edilen araçtır. Ancak uygulamanın uzun sürmesi, yanlış pozitiflik ve yanlış negatiflik oranlarının yüksek olması, perforatörün gerçek lokalizasyonunun her zaman bulunamaması ve sinyal şiddetine göre subjektif bir değerlendirme gerektirmesi gibi önemli dezavantajlara sahiptir. Diğer yöntemlerden dopler ultrasonografi yüksek derecede değerlendiren kişinin deneyimine bağımlı iken, anjiyografik görüntülemelerde kontrast madde gerekliliği ve yüksek maliyet söz konusudur. Son yıllarda, perforatörlerin cilde ulaştığı lokalizasyonların ameliyat öncesinde tayin edilebilmesi amacıyla, akıllı telefonlar ile uyumlu termal kameraların sağladığı infrared termografik görüntülemelerde yararlanılmaya başlanmıştır. Plastik cerrahide ve tıbbin diğer pek çok alanında uzun süredir tanınal amaçla kullanılan termal kameralar, ilgilenilen yüzeylerdeki sıcaklık farkının oluşturduğu farklı derecedeki infrared radyasyonun özel lensler aracılığıyla yakalanıp bir renk skalası üzerinden gösterilmesi prensibiyle çalışmaktadır. De Weerd ve ark. tarafından tanımlanan dinamik infrared termografi (DIRT) tekniğinde ise, soğuk uygulamaya maruz bırakılan yüzeyin tekrar ısınması sırasında sıcaklık artışının ilk olarak gerçekleştiği "sıcak noktaların", perforatörlerin cilde ulaştıkları alanlar olduğu kabul edilmektedir. Literatürde bu tekniğin akıllı telefon uyumlu termal kameralar kullanılarak uygulanması ile perforatör fleplerin dizaynında, ameliyat sırasında perfüzyonun değerlendirilmesinde ve ameliyat sonrası flep takibinde başarılı sonuçlar alınabileceğini gösteren çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmada farklı etiyojiler sonucunda ortaya çıkan yumuşak doku ve cilt defektlerinin onarımında kullanılan serbest veya pediküllü perforatör fleplerin, ameliyat öncesi perforatör tayininde DIRT ve el dopleri ile muayene tekniklerinin kullanılmasının perforatör lokalizasyonunu belirlemedeki başarılarının değerlendirilmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma için Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 22.12.2021 tarihli 832/2021 sayılı etik kurul onayı alındı. Mayıs 2021 – Aralık 2021 tarihleri arasında Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi Plastik Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahi Kliniği'nde, çeşitli etiyojiler sonucunda ortaya çıkan yumuşak doku ve yumuşak doku eksikliklerinin perforatör flepler kullanılarak rekonstrükte edildiği 18 yaşından büyük hastalar retrospektif olarak incelendi. Hastaların yaşı, cinsiyeti, defekt etiyojisi, defekt lokalizasyonu, rekonstrüksiyon zamanlaması, kullanılan flep, flep boyutları ve ameliyat sonrasında gözlenen komplikasyonlar kaydedildi. Vaka sırasında oluşan defektlerin rekonstrüksiyonu birincil rekonstrüksiyon, mevcut defektlerin sonradan rekonstrüksiyonu geç rekonstrüksiyon olarak sınıflandırıldı. Ameliyat öncesi perforatör tayininde el dopleri ve DIRT ile elde edilen bulguların kayıtları incelendi. Perforatörlerin aranması öncesinde topografik anatomiye önemli noktalar cilt kalem ile işaretlendi. Perforatörlerin, literatür bilgisi ve cerrahi deneyim çerçevesinde öngörülen lokalizasyonları üzerinde ultrason jeli yardımıyla el dopleri (10 MHz Dopplex SD2, Huntleigh Healthcare, Galler, Birleşik Krallık) kullanılarak sinyal alınan noktalar işaretlendi. Bu noktaların etrafında dopler probu cilt üzerinde hareket ettirilerek alınacak veya kaybolacak sinyal sesine göre ilgilenilen sinyalin aksiyel damardan değil, bir cilt perforatöründen kaynaklandığı yorumuna izin verecek şekilde işaretleme yapıldı. Daha sonra, DIRT görüntü kaydı yapabilmek için flebin cilt adasının planlandığı anatomik bölgenin tamamına (örneğin, anterolateral uyluk flebi için tüm uyluk anterolaterali, derin inferior epigastrik arter perforatör flebi için tüm karın cildi gibi) soğuk jel paketler yardımıyla 30 saniye süreyle soğuk uygulama yapıldı. Soğuk jel paketlerin ciltten uzaklaştırılması ile birlikte iPhone 12 Pro (Apple, California, Amerika Birleşik Devletleri) telefon ile çalıştırılan Flir One Pro üçüncü jenerasyon (Teledyne Flir, Wilsonville, Oregon, Amerika Birleşik Devletleri) termal kamera kullanılarak video kaydına başlandı ve sıcak noktalar anlık olarak gözlenerek cilt üzerinde işaretlendi



Şekil 1. Şekilde palmar bölge yukarıda, önkol aşağıda olacak şekilde sağ el bileğinin termal görüntüsü gösterilmektedir. (A) Soğuk uygulama sonlandırıldıktan hemen sonraki termografik görüntü (kullanılan gökkuşu paletinde soğuk alanlar mavi, sıcak alanlar kırmızı ile gösterilmektedir) (B) Soğuk uygulama sonlandırıldıktan sonra 30. saniyedeki termografik görüntü (ulnar arter; siyah ok, radial arter; beyaz ok, süperfisiyel radial arterin perforatörü; yuvarlak içerisinde) (C) Soğuk uygulama sonlandırıldıktan sonra 1. dakikadaki termografik görüntüde tarif edilen damarların daha da belirginleştiği gözlenmektedir. (D) Ameliyat sırasında diske edilen perforatörün lokalizasyonu işaretleme ile tam uyum göstermiştir.

(Şekil 1).

Termal kayıt için 20-35oC duyarlılık aralığında gökkuşu renk paleti kullanıldı. Ameliyat sırasında karşılaşılan perforatörlerin lokalizasyonları, ameliyat öncesinde iki farklı yöntem ile gerçekleştirilen işaretlemeler ile karşılaştırıldı. Değişkenlerin analizinde SPSS 23.0 (IBM Corporation, Armonk, New York, Amerika Birleşik Devletleri) programı kullanıldı. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi ile değerlendirildi. Bağımlı grupların nicel değişkenlerinin karşılaştırılmasında Wilcoxon testi kullanıldı. Veriler %95 güven aralığında incelendi ve p<0.01 değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

BULGULAR

Araştırmanın yapıldığı zaman içerisinde toplam 11 hastaya perforatör flep cerrahisi gerçekleştirildi (Tablo 1).

Tablo 1. Perforatör flep cerrahisi uygulanan hastalara ait özellikler (MSAP: medial sural arter perforatör flebi, SCC: skuamöz hücreli karsinom, ALT: anterolateral uyluk flebi, SPBRA: süperfisiyel radial arter perforatör flebi, MRM: modifiye radikal mastektomi, DİEP: derin inferi or epigastrik arter perforatör flebi, ATAP: anterior tibial arter perforatör flebi)

Sıra	Yaş	Cinsiyet	Etiyoloji	Defekt Lokalizasyonu	Rekonstrüksiyon zamanlaması	Kullanılan Flep	Flep Boyutları	Komplikasyon
1	19	Erkek	Travma	Tibia anterioru	Geç	MSAP	5x9	Yok
2	84	Erkek	SCC eksizeyonu	Temporal	Birincil	MSAP	7x17	Yok
3	42	Erkek	Ateşli silah yaralanması	Karın ön duvarı	Geç	ALT	8x17	Yok
4	57	Erkek	Pres yaralanması	El 1. parmak dorsali	Geç	ALT	5x15	Yok
5	24	Erkek	Kesici alet ile yaralanma	El 3. parmak distali	Birincil	SPBRA	2,5x4	Yok
6	57	Erkek	Kesici alet ile yaralanma	El 2. parmak voları	Geç	Hipotenar flep	1,5x3	Venöz tromboz
7	55	Kadın	Meme kanseri	Sol MRM	Geç	DİEP	15x26	Yok
8	76	Kadın	SCC eksizeyonu	Sağ malar	Birincil	ALT	7x12	Yok
9	50	Erkek	Travma	Distal bacak	Geç	ATAP	7x22	Yok
10	36	Kadın	Kimyasal yanık	El 5. parmak dorsali	Geç	SPBRA	2,5x3	Yok
11	65	Erkek	SCC eksizeyonu	Dudak sol komissürü ve bukkal		ALT	7x18	Yok

Hastaların yaş ortalaması 51,3 (19-84) idi. 11 hastanın %27,2'si kadın (3/11), %72,8'i erkekti (8/11). Hastaların %54,5'inde (6/11) etiyojisi travma, %36,3'ünde (4/11) tümör rezeksiyonu ve %9,2'sinde (1/11) yanıktı. Hastaların %27,2'sinde (3/11) defekt birincil cerrahi sırasında oluşurken %72,8'inde (8/11) mevcut defekte geç rekonstrüksiyon gerçekleştirildi. Rekonstrüksiyon amacıyla iki hastada medial sural arter perforatör flebi (MSAP), dört hastada anterolateral uyluk flebi (ALT), iki hastada süperfisiyel radial arter perforatör flebi (SPBRA), bir hastada hipotenar serbest flep, bir hastada anterior tibial arter perforatör flebi (ATAP) ve bir hastada derin inferior epigastrik arter perforatör flebi (DİEP) kullanıldı. En küçük boyuta sahip flep 1,5x3 cm'lik hipotenar serbest flep iken en büyük flep 15x26 cm'lik DİEP flep idi. Ameliyat öncesinde el dopleri ile yapılan perforatör tayininde 11 hastada planlanan cilt adası dizaynı içerisinde kalan toplam 11 perforatör sinyali tespit edildi. Soğuk uygulama sonrası DIRT kullanılarak yapılan değerlendirmede aynı alanda 19 adet perforatör tespit edildi. Cerrahi sırasında ise insize edilen flep cilt adası içerisinde kalan 20 adet

perforatör tespit edildi. Bu perforatörlerin %55'i el dopleri ile işaretlenen perforatörler iken, %95'i DIRT ile tespit edilen perforatörlerdi (Tablo 2).

Tablo 2. Hastalarda ameliyat öncesi yapılan el dopleri ve termal kamera ile işaretlemelere ait kayıtlar ve ameliyat sırasında karşılaşılan perforatörlere ilişkin bulgular (MSAP: medial sural arter perforatör flebi, ALT: anterolateral uyuk flebi, SPBRA: süperfisiyel radial arter perforatör flebi, DIEP: derin inferior epigastrik arter perforatör flebi, ATAP: anterior tibial arter perforatör flebi)

Sıra	Kullanılan Flep	El dopleri ile işaretlenen perforatör sayısı	Termal kamera ile işaretlenen perforatör sayısı	Cerrahi sırasında karşılaşılan perforatör sayısı
1	MSAP	1	2	2
2	MSAP	1	2	2
3	ALT	1	2	2
4	ALT	2	2	3
5	SPBRA	0	1	1
6	Hipotenar flep	0	1	1
7	DIEP	2	3	3
8	ALT	2	2	2
9	ATAP	0	1	1
10	SPBRA	0	1	1
11	ALT	2	2	2
	Toplam	11	19	20

Dördüncü sıraya kayıtlı hastada ALT flebinin proksimal ve distal perforatörleri arasındaki bir başka perforatör iki yöntem ile de bulunamamıştı. İkinci ve üçüncü sıraya kayıtlı hastalarda ise DIRT ile tespit edilen birer distal perforatör kalibrasyonu yeterli olmadığı için ve cilt adasının distalinde lokalize olduğu için flebe dahil edilmedi. DIRT ile her flepte kalibrasyonu yeterli ve flebin kanlanmasını ameliyat sonrası dönemde başarılı şekilde sağlayabilen en az bir adet perforatör belirlenmiştir. İki yöntemin ameliyat öncesi perforatör lokalize etmedeki başarıları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p=0.005$). Hastaların yalnızca birinde ameliyat sonrası üçüncü günde gelişen kompresyon sebebiyle venöz tromboz nedeniyle ven anastomozu revize edildi ancak takip eden günde venöz yetmezlik nedeniyle total flep nekrozu gözlemlendi. Diğer hastalarda ameliyat ile ilişkili bir komplikasyon gözlenmedi.

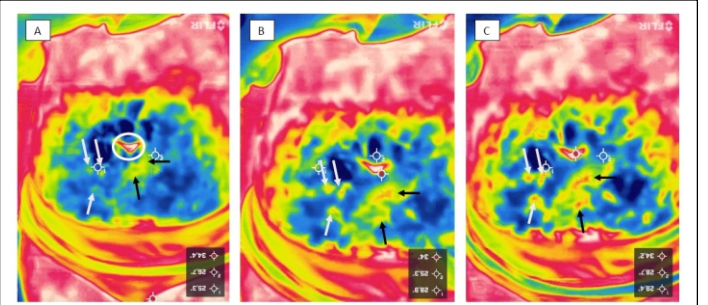
TARTIŞMA

Perforatör flep cerrahisinin başarıyla gerçekleştirilebilmesi için en önemli basamaklardan biri, değişken lokalizasyon, çap, seyir ve uzunluğa sahip perforatörlerin cerrahi öncesinde isabetle tespit edilebilmesi ve uygun olan perforatörün çevresinde, defekte uygun boyutlarda cilt adasının dizayn edilebilmesidir. Rekonstrüktif cerrahin vasküler anatomiye hakimiyeti ve uygun muayene ve/veya görüntüleme yönteminin seçimi flep başarısını artırmaktadır. Wei ve Mardini tarafından popülerize edilen serbest stil serbest flepler konseptinde perforatör seçiminde yalnızca el dopleri kullanımının yeterli olduğu savunulmaktadır. Ancak farklı endikasyonlarda, hastaların mevcut veya oluşacak defektine uygun flep seçimi için fazla seçeneğin olmadığı, cerrahi süresinin kısa tutulması gereken veya üç boyutlu flep tasarımının ön planda olduğu durumlarda, ameliyat öncesinde hangi perforatör üzerinden flebin kaldırılacağına bilinmesi tercih edilmektedir. Bu amaçla en sık kullanılan el dopleri ve BT anjiyografi görüntülenmez. BT anjiyografi ile perforatörün kaynak arterden cilde ulaştığı alana kadar; derin fasyayı penetrasyonu, kas veya septum içerisindeki seyri, uzunluğu, çapı ve üç boyutlu yapısı başarı ile gösterilebilmektedir. Ancak bu tetkikte hasta iyonize radyasyona maruz kalır ve intravenöz kontrast madde enjeksiyonu gereklidir. Tetkikin farklı alanların değerlendirilmesi için sık tekrarlanması uygun değildir ve diğer yöntemlere kıyasla maliyeti yüksektir. Stekelenburg ve ark. perforatör lokalizasyonunun tespitinde el doplerinin başarısını değerlendirdikleri çalışmalarında, el dopleri ile sinyal alınan noktaların yalnızca %55'inde renkli duplex ultrasonografi ile teyit edilebilen bir perforatörün bulunduğu saptanmıştır. Bu çalışmada da bununla uyumlu olarak, cerrahi sırasında tespit edilen perforatörlerin ancak %55'i ameliyat öncesinde el dopleri ile başarıyla lokalize edilebilmiş perforatörler idi. Ayrıca, el doplerinin farklı bir değerlendirici tarafından kullanılması halinde işaretlenen yeni noktaların diğer değerlendiricilerin bulgularıyla korelasyonunun zayıf olduğu gösterilmiştir. El doplerinden alınan sinyalin yorumlanması tecrübeli ellerde dahi hataya açıktır. Özellikle ekstremiteelerde aksiyel damarlardan alınacak sinyal yanlışlıkla perforatör olarak değerlendirilebilir veya derin fasyayı penetre ettikten sonra oblik seyir gösteren bir perforatör, bir aks üzerinde sinyal vereceği için yanlışlıkla bir aksiyel damar olarak yorumlanabilir. Ayrıca sinyalin paterninden bunun bir artere mi yoksa bir vene mi ait olduğuna da doğru şekilde karar vermek gereklidir. Bu çalışmada kullanılan SPBRA ve hipotenar serbest fleplerin ameliyat öncesi planlamasında, özellikle mevcut perforatörlerin küçük

çapı, yine küçük cilt adası dizaynı ve yakın komşulukta seyreden süperfisiyel radial arter, palmar ark ve beşinci parmağın digital arteri gibi perforatör sinyaliyle kolaylıkla karışabilecek aksiyel damarların planlamada yarattığı yanlış pozitif bulgularla ilişkili sorunlar, DIRT'in kullanılmasıyla kolaylıkla aşılabilmiştir. Bu gibi nedenlerle, el dopleri perforatör flep planlamasında sıklıkla yararlandığımız bir araç olsa da farklı yöntemler ile desteklenmeli veya üstün yöntem tek başına tercih edilmelidir.

Uzun yıllardır tıpta kullanımda olmalarının yanı sıra son yıllarda popülaritesi artan görüntüleme modalitelerinden biri olan termal kameralar, plastik cerrahide serbest flep planlamasında, intraoperatif flep perfüzyonunun değerlendirilmesinde, postoperatif flep takibinde, yanık derinliğinin değerlendirilmesinde, karpal tünel sendromunda ve bazı neoplazilerin tanısında kullanılmaktadır. Perforatör tayininde termal kameraların kullanılmasında tercih edilebilecek iki farklı görüntüleme şekli vardır; statik ve dinamik termografik görüntüleme. Statik görüntülemeye değerlendirme öncesinde soğuk uygulama yapılmaz ve perforatörlerin cilde ulaştığı alanlarda beliren sıcak noktaların gözlemlenmesi için sıcaklık farkı hassasiyetinin yüksek olduğu, maliyeti yüksek termal kameraların kullanılması gereklidir. Akıllı telefonlara entegre edilebilen Flir One Pro termal kameranın 0.10C sıcaklık farkına hassasiyeti vardır ve bu çalışmada tarif edildiği gibi dinamik görüntüleme ile sıcak-noktaların gözlenmesi çok daha kolay hale getirilebilmektedir. Soğuk uygulama için soğuk jel paketleri, fan, alkollü solüsyon veya soğuk serum fizyolojik torbaları kullanılabilir. Alkollü solüsyonların mevcut çizimlere olumsuz etkisi nedeniyle çalışmada soğuk paketler ile soğutma tercih edilmiştir. DIRT için tercih edilecek soğutma yöntemleri arasında fan ile soğutmanın diğerlerine üstün olduğunu savunan bir çalışma olsa da bu teknikler arasında önemli farklar bulunmamaktadır. Bu aşamada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, soğutma süresinin uzatılması halinde ciltte uzun sürecek vazokonstriksiyona neden olunacağı için değerlendirme yetersiz bulgularla sonuçlanabilmektedir. Aynı şekilde, böyle bir uygulama sonrasında erkenden dopler ile değerlendirme yapılacak olursa vazokonstriksiyon nedeniyle sinyal şiddetinde azalma veya yok olma, bu nedenle de perforatör tespitinde yanlış negatiflikler ile karşılaşılabilir.

Termal kameranın el doplerine üstünlüklerinden birisi de perforatörlerin perfüzyon kapasitesi hakkında yorum yapma olanağı vermesidir. Dinamik termal görüntülemeye yeniden ısınma evresinde ilk beliren sıcak noktaların (perforatörlerin) birbirleriyle birleşme hızı ve paterninin Taylor ve ark. tarafından tariflenen anjiozom konseptindeki anastomoz tipleriyle uyumlu olduğu düşünülmektedir. Bu evrede birbirine daha hızlı birleşen sıcak noktaların, yani perforatörler arasındaki hattın da hızlıca sıcaklık artışı gösterdiği alanların, mevcut gerçek anastomozlara işaret ettiği savunulmaktadır.



Şekil 2. Şekilde derin inferior epigastrik arter perforatör flebi (DIEP) için yapılan ameliyat öncesi işaretlemeye ait termografik görüntü gösterilmektedir (Oryantasyon için; yuvarlak ile işaretli umbilikus, inferior kısım pubik bölge, süperior kısım göğüs ön duvarı). (A) Soğuk uygulama sonlandırıldıktan sonra 30. saniyedeki termografik görüntüde karın orta hattının iki tarafındaki perforatörler oklarla gösterilmiştir. (B) Soğuk uygulama sonlandırıldıktan sonra 90. saniyedeki termografik görüntüde karın orta hattının sağ tarafındaki perforatörler (beyaz oklar) arasında mavi renk ile gösterilen henüz birleşmemiş perforatörler arası zonlar seçilmektedir, buna karşılık sağ taraftaki perforatörlere (siyah oklar) ait perforatörlerin daha hızlı birleştiği gözlenmektedir (olası gerçek anastomozlar). (C) Soğuk uygulama sonlandırıldıktan sonra 120. saniyedeki termografik görüntüde perforatörler ve perforatörlerin daha da belirginleştiği görülmektedir.

(Şekil 2).

Perforatörler arası zonların hangi anastomoz tipine sahip olduğunun yorumlanabilmesi, tek perforatör üzerinden daha uzun fleplerin güvenle kaldırılmasına olanak sağlamaktadır. Bu yorumun intraoperatif olarak yapılabilmesine izin veren bir diğer görüntüleme yöntemi indosiyanın yeşili ile floresan anjiyografidir. Ancak burada hazırlanmış bir flep üzerinde perforatörler arası anastomozların yorumu yapılabilirken, ameliyat öncesi flep dizaynında bunun anlaşılabilmesi pek mümkün değildir. Ayrıca bu tetkik için maliyeti çok yüksek özel kamera sistemleri ve intravenöz floresan ilaç enjeksiyonu gereklidir.

Akıllı telefonlar ile uyumlu olarak çalışan termal kameraların kullanım ve taşıma kolaylığı, data kaydı ve bunun hızlı transferi gibi avantajları bulunmaktadır. Bu kameralar perforatörlerin değerlendirilmesinde duyarlı, özgül, invaziv olmayan, tekrar değerlendirmelere izin veren ve el dopplerinden düşük maliyetli bir araç olarak ön plana çıkmaktadır. Bu araçların perforatör flep cerrahisinin yalnızca ameliyat öncesi planlama aşamasında değil, ameliyat sırasında flep perfüzyonunun değerlendirilmesi ve ameliyat sonrasında flep dolaşım kontrolünde de güvenle kullanılabilceğini savunan çalışmalar mevcuttur.

Pereira ve ark., perforatörlerin tespitinde termal kamera kullanımının BT anjiyografi görüntüleme ile korelasyonunu karşılaştırdıkları çalışmalarında termal kameraların sensitivitesini %100, spesifitesini ise %98 olarak bulmuşlardır. El dopleri ile BT anjiyografinin başarısının korelasyonunun değerlendirildiği başka bir çalışmada ise Martinez ve ark., el doplerinin sensitivite ve spesifitesinin anlamlı olarak daha düşük olduğunu göstermişlerdir. Bu yönden bakıldığında da termal kameraların perforatör tayinindeki başarısının, bu alanda en başarılı görüntüleme yöntemlerinden olan ancak çeşitli dezavantajları nedeniyle kullanımını sınırlandırılan BT anjiyografi görüntüleme ile kıyaslandığında oldukça yüksek yüzdelere sahip olduğu ve el doplerine kıyasla oldukça başarılı bir araç olduğu yorumu yapılabilir.

Çalışmanın retrospektif olması, defektlerin onarımında kullanılan fleplerin farklı olması ve hasta sayısının görece az olması bu çalışmanın kısıtlamaları arasında sayılabilir. Ancak kullanılan yöntemin güncelliği, popüleritesi ve yöntemin detaylı olarak tarif edilmesi göz önünde bulundurulduğunda literatüre önemli bir katkı sunacağı düşünülmektedir.

SONUÇ

Perforatör flep cerrahisinde ameliyat öncesi perforatör tayini ve seçiminde dinamik infrared termografiye izin veren akıllı telefon uyumlu termal kameraların kullanılması, el dopleri ile yapılan değerlendirmelerden daha başarılı sonuç vermektedir. Bu araçla yapılan değerlendirmeler sonucunda tespit edilen perforatörler ile ameliyat sırasında karşılaşılan perforatörlerin lokalizasyonları yüksek oranda uyum göstermektedir. Termal kameralar bu amaç için kullanılacak güvenli, güvenilir, düşük maliyetli ve kullanım kolaylığına sahip araçlardır.

Teşekkür: Vakaların gerçekleştirilmesini sağlayan Prof. Dr. Uğur Koçer ve cerrahide katkısı olan Uzm. Dr. Ali Sadioğlu'na teşekkür ederim. Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır. Herhangi bir kurumdan finansal destek alınmamıştır.

Yazar katkıları: Çalışmada gerçekleştirilen işaretleme ve ameliyatlara birincil olarak yazar tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın dizaynı, yazımı ve istatistiksel analizi yine yazar tarafından yapılmıştır.

KAYNAKLAR

- 1.Koshima I, Soeda S. Inferior epigastric artery skin flaps without rectus abdominis muscle. *Br J Plast Surg.* 1989;42(6):645-648.
- 2.Pratt GF, Rozen WM, Chubb D, Ashton MW, Alonso-Burgos A, Whitaker IS. Preoperative imaging for perforator flaps in reconstructive surgery: a systematic review of the evidence for current techniques. *Ann Plast Surg.* 2012;69(1):3-9.
- 3.Stekelenburg CM, Sonneveld PM, Bouman MB, et al. The hand held Doppler device for the detection of perforators in reconstructive surgery: what you hear is not always what you get. *Burns.* 2014;40(8):1702-1706.
- 4.Yu P, Youssef A. Efficacy of the handheld Doppler in preoperative identification of the cutaneous perforators in the anterolateral thigh flap. *Plast Reconstr Surg.* 2006;118(4):928-933.
- 5.González Martínez J, Torres Pérez A, Gijón Vega M, Nuñez-Villaveiran T. Preoperative Vascular Planning of Free Flaps: Comparative Study of Computed

Tomographic Angiography, Color Doppler Ultrasonography, and Hand-Held Doppler. *Plast Reconstr Surg.* 2020;146(2):227-237.

6.Hallock GG. Smartphone Thermal Imaging Can Enable the Safer Use of Propeller Flaps. *Semin Plast Surg.* 2020;34(3):161-164.

7.John HE, Niumsawatt V, Rozen WM, Whitaker IS. Clinical applications of dynamic infrared thermography in plastic surgery: a systematic review. *Gland Surg.* 2016;5(2):122-132.

8.de Weerd L, Mercer JB, Weum S. Dynamic infrared thermography. *Clin Plast Surg.* 2011;38(2):277-292.

9.Illg C, Krauss S, Rothenberger J, Kolbensschlag J, Daigeler A, Schäfer RC. Air Flow Cooling Improves Anterolateral Thigh Perforator Mapping Using the FLIR ONE Thermal Camera. *J Reconstr Microsurg.* 2021.

10.Hardwicke JT, Osmani O, Skillman JM. Detection of Perforators Using Smartphone Thermal Imaging. *Plast Reconstr Surg.* 2016;137(1):39-41.

11.Pereira N, Valenzuela D, Mangelsdorff G, Kufeke M, Roa R. Detection of Perforators for Free Flap Planning Using Smartphone Thermal Imaging: A Concordance Study with Computed Tomographic Angiography in 120 Perforators. *Plast Reconstr Surg.* 2018;141(3):787-792.

12.Wei FC, Mardini S. Free-style free flaps. *Plast Reconstr Surg.* 2004;114(4):910-916.

13.Ono S, Hayashi H, Ohi H, Ogawa R. Imaging Studies for Preoperative Planning of Perforator Flaps: An Overview. *Clin Plast Surg.* 2017;44(1):21-30.

14.Rozen WM, Phillips TJ, Ashton MW, Stella DL, Gibson RN, Taylor GI. Preoperative imaging for DIEA perforator flaps: a comparative study of computed tomographic angiography and Doppler ultrasound. *Plast Reconstr Surg.* 2008;121(1):9-16.

15.Cruz-Segura A, Cruz-Domínguez MP, Jara LJ, et al. Early Detection of Vascular Obstruction in Microvascular Flaps Using a Thermographic Camera. *J Reconstr Microsurg.* 2019;35(7):541-548.

16.Unger M, Markfort M, Halama D, Chalopin C. Automatic detection of perforator vessels using infrared thermography in reconstructive surgery. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2019;14(3):501-507.

17.de Weerd L, Mercer JB, Weum S. Static Versus Dynamic Infrared Thermography in Perforator Mapping. *Ann Plast Surg.* 2021;86(6):733-734.

18.Tenorio X, Mahajan AL, Elias B, et al. Locating perforator vessels by dynamic infrared imaging and flow Doppler with no thermal cold challenge. *Ann Plast Surg.* 2011;67(2):143-146.

19.Chubb DP, Taylor GI, Ashton MW. True and 'choke' anastomoses between perforator angiosomes: part II. dynamic thermographic identification. *Plast Reconstr Surg.* 2013;132(6):1457-1464.

20.Taylor GI, Corlett RJ, Ashton MW. The Functional Angiosome: Clinical Implications of the Anatomical Concept. *Plast Reconstr Surg.* 2017;140(4):721-733.

21.Zenn MR. Fluorescent angiography. *Clin Plast Surg.* 2011;38(2):293-300.

22.Hemdb AS, Yan J, Zhu H, Haddock NT, Teotia SS. Intraoperative Assessment of DIEP Flap Breast Reconstruction Using Indocyanine Green Angiography: Reduction of Fat Necrosis, Resection Volumes, and Postoperative Surveillance. *Plast Reconstr Surg.* 2020;146(1):1e-10e.

23.Phillips CJ, Barron MR, Kuckelman J, et al. Mobile Smartphone Thermal Imaging Characterization and Identification of Microvascular Flow Insufficiencies in Deep Inferior Epigastric Artery Perforator Free Flaps. *J Surg Res.* 2021;261:394-399.

24.Konczalik W, Nikkhah D, Mosahebi A. Applications of Smartphone thermal camera imaging system in monitoring of the deep inferior epigastric perforator flap for breast reconstruction. *Microsurgery.* 2017;37(5):457-458.