DERİ ÜZERİNDEKİ YARALARIN SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME İLE ANALİZİ

SKIN WOUND ANALYSIS USING DIGITAL IMAGE PROCESSING

Hakan Oduncu[1], Veysel Aslantaş[2], Mehmet Tunçkanat[2], Rifat Kurban[2]

[1]Medical Electronics and Signal Processing Research Unit, University of Glamorgan, UK
[2] Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri
hoduncu@glam.ac.uk, aslantas@erciyes.edu.tr, tunckanat@erciyes.edu.tr,
4010930401@erciyes.edu.tr

Özetçe

Bu makalede sayısal görüntü işlemenin deri üzerindeki yaraların analizine yönelik kullanımı, renk tonu, doygunluk ve yoğunluk ölçümlerinden oluşan bir teknik ile sunulmaktadır. Daha önce yara pozisyonunu yakınsamada kullanılan adaptif bir işaretleme tekniği yara üzerinde bölümleme işleminde kullanılmıştır. Yara bölgesindeki iyileşme sürecindeki kısım geliştirilen yazılım ile ölçülmüş, uzman hekim görüşü ile elde edilen sonuçlar Kappa (K) istatistiği ile karşılaştırılmıştır. Uzman hekim görüşü ile yazılımın yaptığı değerlendirmelerden uyumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Abstract

This article presents the use of digital image processing using hue, saturation, intensity measurements as a technique for the color analysis of chronic wounds on the skin. An adaptive spline technique was used to segment the wound boundary in the images of venous leg ulcers. This technique was further used to approximate the position of venous leg ulcers. The amount of the slough within the wound site was quantified using the software developed and was compared with a grading system based on visual inspection by an experienced clinician and the results were compared by deriving Kappa (K) statistics. There was moderate agreement over all grades.

1. Giriş

Yaranın görünümü tedavisi için önemli ipuçlarını barındırdığı gibi iyileşme süreci hakkında da bilgiler vermektedir. Yaraya ait renk dağılımının ölçülmesi tedavinin gelişimine yardımcı olabilir [2-4]. Kronik yaralar düzgün dağılmamış siyah nekrotik (ölü madde) yanıklardan, sarı renkli nekrosis ve fibrinlerden ve kırmızı granüllü doku karışımından oluşmaktadır [5]. Bu siyah-sarı-kırmızı model uzmanlarca yarayı tanımlayıcı bir araç olarak kullanılmaktadır. Sayısal görüntü işleme teknikleri bu noktada bir insanın gördüğünden daha nesnel, güvenilir ve çoğaltılabilir sonuçlar sunar. Yüksek çözünürlüklü sayısal kameraların ucuzlaması ile kliniklerin çoğunda sayısal görüntü elde edilmesi artık daha kolaydır. Bu sayede toplanan sayısal görüntülerden nitel bilgilere ve daha sonra işlenerek yaranın boyutu, yapısı ve renk karakteristiği gibi nicel bilgilere erişmek mümkündür.

Özellikle Batı toplumlarında ileri derecelerdeki varis, yaralara yol açarak büyük probleme sebep olmaktadır [6]. Genel olarak yaraya dönüşen varisler ayak bileğinin üzerinde düzensiz bir yapıda ve çoğunlukla sınırları kırmızı ya da hiperpigmente olmuş (kararmaya yakın) sert deri ile belirlidir [7]. Varis yaraları, renk karakteristikleri temel alınarak, düzgün dağılmamış sarı doku, kırmızı granüllü doku ve siyah nekrotik doku karışımlarından oluşmakta ve bu bileşenlerin her birinin oranı yaranın iyileşme durumunun gözleminde yardımcı olmaktadır. Bu tür gözlemler yapılırken yara sınırının analizinden de faydalanmak iyi sonuçlar verebilir. Zaman geçtikçe iyileşen bir yaranın boyutu azalmakta ve yara dış köşelerinde yeni dokular meydana gelmektedir. Fakat tedaviye cevap vermeyen yaraların boyutları büyümekte ya da yapışık hale gelmektedir.

İyileşme sebebiyle varis yaralarındaki siyah-sarı-kırmızı oranları zamanla değişmektedir. Sözgelimi, kırmızı sınıflandırma için granüllü doku içinde kırmızı için pek çok farklı renk tonu değeri bulunmaktadır. Ayrıca her kırmızı yaranın da sağlıklı olarak değerlendirilemeyeceği göz önünde bulundurulmalıdır [3,8]. Bir yaradaki sarı rengin mevcudiyeti, ölü dokunun mevcudiyetine bağlıdır [8]. Nekrotik doku da beyazdan sarıya, yeşile ve koyu siyaha kadar aradaki bütün renk değerlerini de alabilmektedir [4]. Dördüncü bir sınıflandırma rengi de (pembe) Hellgren ve Vincent tarafından önerilmiştir [9]. Yeniden derileşme (epitelizasyon) aşamasında yaraları sınıflandırma için önerilen bu model, kırmızı ve sarı için bahsedilen problemlere çözüm sunamamaktadır. Bu sebeple siyah, kahverengi-sarı, sarı-kırmızı ve kırmızıya dayanan daha iyi sonuç veren bir renk sınıflandırması bu problemleri çözmek için kullanılmıştır [3].

Dermatoloji alanında kullanılmış sayısal görüntü işleme teknikleri Kenet [10] tarafından derlenmiştir. Bu alanda renkli resim işleme tekniklerinin kullanılması ve deri yaraları üzerine uygulaması Berris ve Sangwine [11] tarafından gerçekleştirilmiştir. Yarı otomatik bir sınıflandırma yöntemi renkli resimler için Arnqvist ve arkadaşları [12] tarafından önerilmiş ve siyah-sarı-kırmızı sınıflandırmasına ilave olarak genellikle resim içerisinde neredeyse tamamen beyaz olan ve arzu edilmeyen yansımaları içeren dördüncü bir sınıfı da yöntemlerine eklemişlerdir. Önerdikleri yöntemin yarı otomatik olmasının sebebi ilgilenilecek bölgenin tespiti için bir kullanıcının yara sınırlarını işaretlemesi gerektirmesindendir. Arnqvist ve meslektaşları varis, cerrahi ve benzeri yaralardan oluşan binlerce renkli fotoğrafı kullanarak 16 yara sınıflandırıcı oluşturmuşlardır. Kullanıcının bir sınıflandırıcı ve algoritma belirlemesi ile yara resmi üç doku yapısına bölünmekte ve alanlar yüzde oranlarla ifade edilmektedir. Herbin ve arkadaşları [2] yapay olarak üretilmiş yara resimlerinden iyileşme kinetiğini bulmak için çalışmalar yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada yara bölgesini otomatik olarak kırmızılığına göre tespit etmişler daha sonra

0-7803-9238-8/05/$20.00 ©2005 IEEE

bu alanı ve yaradaki renk indislerini kullanarak derinin iyileşmesi ile ilgili sonuçları tespit etmişlerdir. Fakat bu yaralar düzgün dağılmış renklere sahipken, varis yaralarında olduğu gibi pek çok yara kırmızının da farklı tonlarını içermektedir. Berris ve Sangwine [13] tarafından basınç veya ezilme sonucu oluşan yaralardaki iyileşme sürecini kırmızı-yeşil-mavi (RGB) histogramına dayalı otomatik bir yöntem ile ortaya koymuşlardır. Yaptıkları çalışmada yara bölgesi farklı dokulara göre bölümlenmiş ve bu alanlar yüzde orantı biçimde ifade edilerek yaranın iyileşme durumu hakkında bilgi verilmiştir. Fakat bu çalışmada çok az sayıda resim kullanılmış basınç veya ezme sonucu oluşan yara gibi sınırlı bir alanda uygulama yapılmıştır. Mekkes ve Westerhof [4] tarafından RGB video kamera ve resim alıcı kart kullanımı ile elde edilen resimlerden yaranın iyileşme durumu analiz edilmiştir. Yaradaki farklı dokuları tespit için bilgisayar tarafından yarı otomatik olarak üretilen geniş sınıflandırma tablolarını kullanmışlardır.

Herbin ve arkadaşlarının [2] dışında bahsedilen diğer metotlar [4,12,13] yaraların renkli analizinde RGB modelini kullanmışlardır. Fakat RGB modelinde her bir bileşenin değeri ışığın yoğunluğundan etkilenmektedir ve bu da yaralarda renkli analiz yapmak için uygun olmayabilir [2,3]. Bu sebeple bu çalışmada RGB modelin bir dönüşümü olan renk tonu-doygunluk-yoğunluk (HSI) modeli kullanılmıştır. Bir resmi yansıyan temel renklerle ifadenin yerine bu model renkleri renk tonu, doygunluk ve yoğunluk ile ifade etmektedir [10]. HSI renk modeli insan gözü gibi renkleri algılamaktadır ve yoğunluk bileşeni diğer iki bileşenden ayrılarak farklı renkleri ifade etmekte kullanılmamaktadır [2,14].

Adaptif eğri tekniğini kullanarak yarı otomatik bir görüntü işleme tekniği renk görünümünün analizi ve sınır görünüşü hakkında bilgi almak için Hoppe ve arkadaşları tarafından [15] kullanılmıştır. Bu çalışmanın maksadı 50 adet resimdeki varis kaynaklı yaraya ait ölü doku oranının yazılım ile tespiti ve uzman bir hekimin gözlemi ile bu değerlendirmenin karşılaştırılmasıdır.

2. Yöntem ve Gereçler

Varis hastalarının izni ile yaralar 10 cm uzaklıktan sayısal bir kamera (Panasonic NVDX100 B) ile fotoğraflanmıştır. 3- şarj kuplajlı aygıt (CCD) dizisinden oluşan bu kameralarda her bir renk bileşeni (kırmızı, yeşil ve mavi) için ayrı bir CCD yonga bulunmaktadır. Derecelendirilmiş bir renk ölçeği (Fuji Renk Ölçeği) farklı resimler arasındaki renk varyasyonlarını karşılaştırmak için bu çekimlerde kullanılmıştır. Aynı zamanda bu referans ölçek üzerindeki santimetre ölçeğinden resimlerin boyutlarını ayarlamada faydalanılmıştır. Kamera ile alınan ve çözünürlükleri 696x532 piksel olan RGB renkli resimler işlenmek üzere bilgisayara aktarılmıştır. RGB resimler HSI renk uzayına Gonzales ve Woods'un [14] formülü ile dönüştürülmüştür.

$$I = \frac{1}{3}(R+G+B) \tag{1}$$

$$S = 1 - \left(\frac{3}{(R+G+B)}\right)[\min(R,G,B)] \tag{2}$$

$$H = \cos^{-1}\left[\frac{\frac{1}{2}[(R-G)+(R-B)]}{\sqrt{(R-G)^2+(R-B)(G-B)}}\right] \tag{3}$$

HSI modelinde, renk tonu dalga boyu ile tanımlanan ve açı olarak ifade edilen rengi göstermektedir (0'dan 360'a kadar). Bu değer kırmızı rengin sarı renk ile farkı olarak ele alınabilir. Doygunluk değeri resimdeki bir rengin saf o değerini yüzde cinsinde ifadesidir, mesela kırmızı ile pembe arasındaki ayrım gibi. Yoğunluk değeri ise ışık miktarıdır ve sayılarla gösterilir (1…255), bu değer de karanlık kırmızı ya da açık kırmızının farkı olarak düşünülebilir.



Şekil 1: Yara Görüntüleme aracı arayüzü

Tablo 1: Çalışmada kullanılan HSI renk tablosu

Renk	Renk tonu (derece)
Kırmızı	120–180
Sarı	180–240
Yeşil	240–300
Türkuaz	300–360
Mavi	0–60
Mor	60–120

Fotoğraflama işlemi hasta ve hekimlere uygunluk açısından mümkün olan en kısa sürede gerçekleştirilmiştir. Bu safhada çevre aydınlatması üzerinde tam manasıyla bir kontrol uygulanmamıştır. Dolayısı ile renkleri kalibre etmek ve resimleri düzeltmek ilerideki analizler için gerekli bir adımdır. 50 ayrı yara resmindeki renk varyasyonlarını elde edebilmek için, renk bulunurluk testi her bir resimdeki renk ölçeğinin kırmızı parçasının renk tonu, doygunluk ve yoğunluk değişimlerinin ölçümü ile yapılmıştır. Renk analizi için Tablo 1'de sunulan HSI renk dönüşüm tablosu kullanılmıştır.

Geliştirdiğimiz yara görüntüleme yazılım aracının grafiksel kullanıcı arabirimi Şekil 1'de verilmektedir. Referans renk ölçeğini içeren her bir yara görüntüsü 5 ilgilenilen bölgeye (ROI) bölümlenmiştir: iç, dış, sınır, sarı referans ve kırmızı referans.

Yara sınırları, adaptif bir eğri tekniği ile açıklanmıştır [15,16]. Bu yarı otomatik yaklaşımda, başlangıç noktaları yara sınırları üzerinde belirlenmiştir. Bu, yara sınırları

komşuluklarının özniteliklerini kullanan adaptif yeniden yerleştirme algoritmasıyla birleştirilmiş ve yaranın sınır çevresine eğri uydurulmuştur. Şekil 2'de verilen kapalı sınır kübik polinomlar kullanılarak eğri parçalarına bölünmüştür.



Şekil 2: Sınırları eğri parçaları ile gösterilen yara

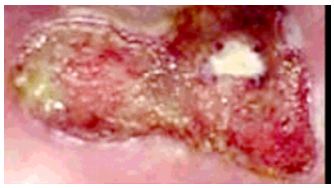
50 adet yara resmi, ölü doku miktarına göre sınıflandırılmak üzere uzman bir hekime sunulmuştur. Şu dört durum enfeksiyonu tanımlamaktadır:
a) enfeksiyonlu gözüküyor b) büyük ihtimalle enfeksiyonlu c) büyük ihtimalle enfeksiyonlu değil d) enfeksiyonlu gözükmüyor. Doktorun yaraları görsel olarak sınıflandırması Tablo 2'deki durumlara göre yapılmıştır.

Bu çalışmanın maksadı için, ölü doku sarı renk tonu sahası 180–240 derece olarak kabul edilmiştir. Bu eşik değerleri, hekimin ölü dokuları teşhisinden sonra saptanmıştır. Bilgisayar, resimlerde bu aralıkta olan sarı renk tonu değerlerinin miktarını hesaplamaktadır. Yara-görüntüleme yazılım aracını kullanarak göze çarpan noktalar işaretlenerek yaranın şekli taslak olarak çıkartılmıştır. Bilgisayar enterpolasyonu ile kontrol noktaları arasındaki sınır, yumuşak bir sınır gösterimi veya bir eğri oluşturur. Noktalar daha uygun noktalara sürüklenip taşınarak yara daha belirgin işaretlenebilir. Eğri içindeki ilgilenilen alandaki ölü doku miktarının tüm yara boyutuna oranı hesaplanmıştır.

Tablo 2: Ölü Dokunun Ölçümünde Kullanılan Derecelendirme Sistemi

Ölü Doku (%)	Sınıf	Derece
0–19	Temiz yara-ölü doku yok	1
20–39	Asgari ölü doku	2
40–59	Orta seviye ölü doku	3
60–79	Orta ile Ağır arası ölü doku	4
80–99	Ağır ölü doku	5

Şekil 3'de Tablo 2'nin kullanımı ile bilgisayar ve uzman hekim tarafından derecelendirilen 2 yara resmi örneği verilmiştir. Yüzde olarak elde edilen bu değerler lineer biçimde düzenlenerek bir derecelendirme sistemi oluşturulmuş, uzman hekim ile yazılımın sonuçları Kappa [17] istatistik analizi ile karşılaştırılmıştır.



(a)



(b)

Şekil 3: Tablo 2'ye göre bilgisayarın ve hekimin derecelendirdiği resimler a) %21 hafif ölü doku yara b) %75 ağır ölü doku yara

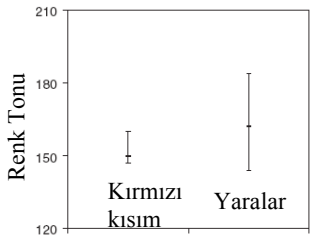
Kappa istatistiği genellikle 2 eşit tecrübeye sahip gözlemcinin herhangi bir olayı nasıl değerlendiklerinin karşılaştırması için uygulanır. K değerlerinden 1 mükemmel uyuma, 0 ise hiçbir uyum olmadığına işaret eder.

3. Sonuçlar ve Analiz

3.1. Renk Değişkenliğinin Analizi

50 resimdeki yaralara yakın tutulan renk ölçeğindeki renk tonu, doygunluk ve yoğunluk değerleri analiz edilmiştir. 50 resimdeki doygunluk ve yoğunluk değerleri arasında sırası ile %36 ve %37 değişim meydana gelmiştir. Kırmızı renkli kısmın renk tonu değerindeki değişim %17 ile HSI renk modelinin 3 bileşeni arasındaki en az olanıdır.

Kırmızı renkli kısımdaki renk tonu değerlerinin dağılımı ile her bir yara bölgesindeki renk tonu değerleri dağılımı karşılaştırılmıştır. Şekil 4'de kırmızı kısım ile yaranın iç kısmının kırmızı renk tonu değişimi karşılaştırılması verilmiştir. Kırmızı kısımdaki ve yaranın iç bölgesindeki renk tonu değişimleri dağılımı sırası ile 10 ve 65 derecedir. Daha önce belirtildiği gibi renk tonu değerleri sarı dağılımına kadar yayılmıştır [15,16]. Renk değişkenliği testinden alınan bu sonuçlara göre, yaralardan elde edilen kırmızı renk tonu değerlerinin renk analizinden önce kalibre edilmesi gerekir.



Şekil 4: Yara içi ve renk ölçeğindeki kırmızı renk tonu değişkenliği

3.2. Klinik Düşünce

Çalışmanın bu kısmında yara bölgesindeki ölü dokunun miktarı Şekil 1'de gösterilen yara-görüntüleme aracının kullanımı ile hesaplanmıştır [15]. Tablo 3, 50 yara resminin uzman hekim ve bilgisayar analizi tarafından derecelendirme sonuçlarını göstermektedir. 27 yara resmindeki ölü doku miktarı için tam uyum vardır. 18 resimde derece farkı sadece 1 iken 5 resimde ise 1'den fazla derece farkı bulunmaktadır. Ağırlıklandırılmış Kappa istatistiği 0.56 olarak hesaplanmıştır ve bu da Altman'a [17] göre gözlemcilerin yorumları arasında orta seviyede bir uyum olduğunu göstermektedir. 9 resim uzman hekime göre enfeksiyon kapmış olarak değerlendirilmiş ve bu yaralar sonuçlardaki farklılıklara neden olmuş olabilir.

Tablo 3: 50 Yara Resmindeki Ölü Dokunun Uzman Hekim ve Bilgisayar Analizi tarafından Derecelendirilmesi

	Bilgisayar Analizi				
Uzman Hekim	*Derece 1*	*Derece 2*	*Derece 3*	*Derece 4*	*Derece 5*
Derece 1	11	4	0	0	0
Derece 2	2	11	1	0	0
Derece 3	2	4	2	5	2
Derece 4	0	1	1	2	1
Derece 5	0	0	0	0	1

4. Sonuç

Yarı otomatik bir metot, sayısal yara görüntülerinin basitçe bilgisayar ortamına aktarıldığı ve klinik ortamda hızlıca elde edildiği resimlere renk analizinin yapılması ve bu resimlerden ölü doku oranının hesaplanması ile gerçekleştirilmiştir. Tam otomatik bir metodun gerçekleştirilmesi yara sınırlarını tarif eden etkili kurallar bulunmaması nedeni ile farklı çevrelerde bulunan yaralar sebebi ile zordur. Yarı otomatik yöntemlerde yara sınırlarının ve yerlerinin tarifi daha hızlı ve esnek olarak yapılmaktadır. Bu çalışma sonucunda, yaraların uzman hekim ve bilgisayar analizi trafından derecelendirme sonuçları arasında, özellikle ölü doku oranları düşük derecelerdeki yaralarda çok iyi bir uyum olduğu gözlenmiştir. Ayrıca bu çalışma HSI modelinin yaraların değerlendirilmesinde bir potansiyel oluşturduğunu ve daha büyük çalışmalarda düşünülmesi gerektiğini göstermektedir.

5. Kaynakça

[1] Hansen, GL, Sparrow, EM, Kokate, JY, et al. "Wound status evaluation using colour image processing". IEEE Trans Med Imaging 1997;16(1):78-86.

[2] Herbin, M, Bon, FX, Venot, A, et al. "Assessment of healing kinetics through true color image processing" IEEE Trans Med Imaging 1993;12(1):39-43.

[3] Boardman, M, Melhuish, JM, Palmer, K, et al. "High saturation and intensity in the healing wound" J Wound Care 1994;3(7):314-18.

[4] Mekkes, JR, Westerhof, W. "Image processing in the study of wound healing" Clin Dermatol 1995;13(4):401-7.

[5] Stotts, NA. "Seeing red and yellow and black: the three-colour concept of wound care". Nursing 1990;20(2):59-61.

[6] Cornwall, JV, Dore, CJ, Lewis, JD. "Leg ulcers: epidemiology and aetiology".Br J Surg 1986;73(9):693-6.

[7] Zimmet, SE. "Venous leg ulcers: modern evaluation and management".Dermatol Surg 1999;25(3):236-41.

[8] Harding, KG. "Wound care: putting theory into clinical practice".Wounds 1990;2(1):21-32.

[9] Hellgren, L, Vincent, J. "A classification of dressings and preparations for the treatment of wounds by second intention based on stages in healing process". Care Sci Pract 1986;4:13-17.

[10] Kenet, RD. "Digital imaging in dermatology". Clin Dermatol 1995;13(4):381-92.

[11] Berriss, WP, Sangwine, SJ. "Automatic quantitative analysis of healing skin wounds using colour digital image processing". WorldWide Wounds [Online journal] 1997;1(1).

[12] Arnqvist, J, Hellgren, L, Vincent, J. "Semiautomatic classification of secondary healing ulcers in multispectral images". In: Proceedings of the 9th International Conference on Pattern Recognition, Rome, Italy, 1988. p. 459-61.

[13] Berriss, WP, Sangwine, SJ. "Colour histogram clustering technique for tissue analysis of healing skin wounds". In: Proceedings of the 1997 6th International Conference on Image Processing and its Applications.Part 2 (of 2). July 14-17, Dublin, Ireland, Institution of Electrical Engineers, Stevenage, England; 1997. p. 693-7.

[14] Gonzalez, RC, Woods, RE. "Digital Image Processing". 3rd ed. Reading (MA): Addison-Wesley; 1992.

[15] Hoppe, A, Wertheim, D, Melhuish, J, et al. "A spline based method for assessment of wound images". In: IEE Conference Publication: International Conference on Advances inMedical Signal and Information Processing (MEDSIP 2000). September 4-6, Bristol, UK, Institution of Electrical Engineers, Stevenage, England; 2000. p. 206-11.

[16] Hoppe, A, Wertheim, D, Melhuish, J, et al. "Computer analysis of wound images" [Abstract]. Wound Rep Regen 1998;6(5):A488.

[17] Altman, DG. "Practical statistics for medical research". London: Chapman & Hall; 1991.