

Tatuajda Lazer

Lasers in Tattoos

Ercan Çalışkan

Gülhane Askeri Tıp Akademisi, Deri ve Zührevi Hastalıklar Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

Özet

Dünyadaki birçok farklı kültürde yüzyıllardır tatuaj yapılagelmektedir ve tatuajların giderilme çabaları tatuaj tarihi kadar eskidir. Geçmişte sıklıkla uygulanan destrüktif yöntemler taşıdıkları yan etki riski ve tedavi yetersizlikleri nedeniyle modern tatuaj tedavisinde önerilmemektedir. Minimal yan etkiyle tatuajların etkin bir şekilde tedavisine olanak sağlayan Q-anahtarlı lazerler son yıllarda yaygınlaşmıştır. Bu amaçla en sık kullanılan Q-anahtarlı lazerler; Q-anahtarlı ruby, Q-anahtarlı Nd-YAG ve Q-anahtarlı alexandrite lazerlerdir. Her bir Q-anahtarlı lazerlerin avantajları yanında yetersizlikleri ve yan etkileri de mevcuttur. Hekim, tatuajın yapısı ve etiyojisi ile hastanın cilt tipine göre doğru tedavi yaklaşımını belirlemelidir. Doğru cihaz seçimi ve uygun tedavi parametrelerine rağmen, dispigmentasyon, pigment koyulaşması ve allerjik reaksiyonlar gibi bir çok yan etki karşımıza çıkabilir. Daha spesifik lazer sistemlerine yönelik gelişmeler tatuajların daha hızlı ve daha etkin bir şekilde giderilmesini sağlayacaktır. (Türkderm 2012; 46 Özel Sayı 1: 30-5)

Anahtar Kelimeler: Deri, tatuaj, lazer

Summary

Tattoo is being practised for centuries in many cultures throughout the world and attempts to remove tattoos is as long as the history of tattoos. The destructive modalities, frequently used in the past, are not recommended for modern tattoo removal because of the risk of side effects and treatment failures. Q-switched lasers, allowing efficacious removal of tattoos with minimal side effects, have become widespread over recent years. The most common Q-switched lasers being used for this purpose are the Q-switched ruby, Q-switched Nd-YAG and Q-switched alexandrite lasers. Each Q-switched laser has some side effects and inabilities beside its own advantages. The physician has to determine the correct treatment modality according to the structure and etiology of the tattoo and patient's skin type. In spite of the correct device and appropriate treatment parameters, many side effects, such as dyspigmentation, pigment darkening and allergic reactions, can be encountered. Technological developments leading to more specific laser systems will let the tattoos to be more quickly and better removed. (Türkderm 2012; 46 Suppl 1: 30-5)

Key Words: Skin, tattoo, laser

Giriş

Tatuaj uygulamalarının tarihçesi bronz çağı kadar eskiye dayanmaktadır¹. Deriye farklı yapı ve renklerdeki pigmentlerin enjeksiyonu ile çeşitli şekil ve işaretlerin kalıcı hale getirilmesi işlemi olarak tanımlayabileceğimiz tatuajlar, kişilerin dini inançları, fikirleri, duyguları ve aidiyetleri gibi pek çok özelliklerini içinde buldukları topluma ve kendilerine ifade etme şekli olarak kabul edilebilir. Başlangıçtaki amaçları her ne olursa olsun,

zamanla kişiler kalıcı olması niyetiyle yaptıkları bu şekillerin vücutlarından çıkarılmasını isteyebilmektedirler ve bu talep, toplumdaki tatuaj yaygınlığı ile doğal olarak ilişkilidir.

Tatuajda yerleştirilen pigmentlerin büyük bir bölümü özellikle kan damarları çevresinde yerleşen dermal fibroblastlar ile makrofajlarda bulunur ve fibrotik bir yapı ile çevrelenir. İnterstiyel aralıkta ise daha az miktarda küçük agregatlar şeklinde bulunurlar^{2,3}. Amatör tatuajlarda pigmentlerin derinliği ve dağılımı profesyonel tatuajlara göre daha çok farklılık gösterir. Profesyonel tatuajlar ise genellikle amatörlerce

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Dr. Ercan Çalışkan, Gülhane Askeri Tıp Akademisi, Deri ve Zührevi Hastalıklar Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye
Tel: +90 312 304 44 58 E-posta: ecaliskan@gata.edu.tr

Türkderm-Deri Hastalıkları ve Frengi Arşivi Dergisi, Galenos Yayınevi tarafından basılmıştır.
Türkderm-Archives of the Turkish Dermatology and Venerology, published by Galenos Publishing.

yapılanlara göre daha yoğun miktarda mürekkebin yeterli derinliğe yerleştirildiği tatuajlar olduğundan, daha kalıcı olmalarının yanı sıra tedavi edilmek istendiklerinde daha dirençlidirler ve daha yoğun tedaviye ihtiyaç duyarlar⁴.

Tatuajların çıkarılma çabaları ve işlemleri tatuaj tarihi kadar eskidir ve bu amaçla destrüktif yöntemler başta olmak üzere tıbbi ve tıp dışı çok farklı yaklaşımlar uygulanmıştır. Bunlar arasında kriyoterapi, dermabrazyon, salabrazyon, koterizasyon ve infrared koagülasyon gibi yöntemler en yaygın tıbbi yöntemler arasında sayılabilir. Doku gerginliğinin düşük olduğu yerlerde lokalize küçük tatuajların eksizyonu ile lineer bir skar bırakarak tatuaj giderilebilir, ancak diğer destrüktif yöntemler ile çoğunlukla yeterli tedavi yapılamadığı gibi, postinflamatuar hiperpigmentasyon, hipopigmentasyon, atrofik ve hipertrofik skarlar ve keloid gibi komplikasyonların gelişim riski de yüksek seyretmektedir¹⁻⁴.

Günümüzde, yerini çoğunlukla selektif lazer tedavilerine terk etmiş olan bu yöntemlerin dışında 1970'lerden beri tatuajların giderilmesi için selektif olmayan, destrüktif, Argon ve CO₂ lazerler kullanılmaktadır. Argon, 488 ve 514 nm'de yeşil veya mavi lazer enerjisi verir ve deride tatuaj granüllerince bu enerji absorbe edilir. Ancak ısı tatuaj pigmentlerinden çevre dokuya yayılır ve skarlaşmaya neden olur. Her ne kadar CO₂ lazerler daha üniform ve yüzeysel bir ablyasyon ortaya koysa da, tatuaj tamamen çıkarılmadığı gibi skarlaşma da görülebilmektedir⁵.

Tedavi ile tatuajların silinme mekanizması tam olarak bilinmemektedir. Biyopsilerin histolojik ve elektron mikroskopik analizleri pigmentlerin daha küçük parçacıklara ayrıştığını göstermektedir ki, bu parçacıklar sonradan makrofajlarca fagosite edilerek lenfatik sistem aracılığıyla uzaklaştırılmaktadır³. Henüz yapılmış olan tatuajlarda pigment ilgili lenf nodlarında saptanabilirken, takip eden yıllar içerisinde derinin daha derin katmanlarına doğru yayılmaktadır. Pigment parçacıklarında fark edilen yapısal değişiklikler de vardır⁶. Verilen enerjinin yoğunluğuna bağlı olarak tedavi sırasında geçici beyazlaşma oluşabilir. Pigmentin lokal olarak aşırı ısınması, gaz veya plazma oluşumuna ve sonrasında dermal ve epidermal vakuolizasyona neden olarak beyazlaşmayla sonuçlanır. Beyazlaşma reaksiyonu lazerin kullanımı ile derhal ortaya çıkmaktadır.

Modern Tatuaj Giderici Lazerler

Günümüzde kullanılan tatuaj iğnelerinin önemli bir bölümü mürekkep granüllerini yüzeysel ve orta dermise yerleştirmektedir. Dolayısıyla tatuajın tedavisi için lazer ışığının yeterince derine penetrasyonu gereklidir. Ancak bu penetrasyon esnasında ışığın, kendisini absorbe eden başka kromoforların da bulunduğu epidermisden geçmesi gerekmektedir. Lazerle tatuaj tedavisindeki temel nokta tatuaj pigmentinin lazer ışığını absorpsiyonudur. Tatuaj pigmentleri çeşitli renklerde olduklarından dolayı tedavi için farklı dalga boyları gerekebilir. Ayrıca tatuaj pigmentleri belirli dalga boylarına refrakter kalarak farklı lazer tedavilerine de ihtiyaç duyulabilir. Bunun nedeni pigmentin yapısının önceki lazer tedavisi ile değişmesi ve ortaya çıkan farklı yapının o dalga boyuna karşı 'direnç' kazanması şeklinde açıklanabilir^{1,7,8}.

Gözümüz bir cismi, objenin yansıttığı dalga boyundaki renkte veya birden fazla dalga boyunu yansıtıyorsa, yansıttığı dalga boylarının bileşiminin oluşturduğu renkte görür. Yani objenin belirli bir renge sahip olmasının nedeni o objenin kendi rengindeki ışığı yansıtırken, diğer tüm renkleri absorbe etmesidir. Dolayısıyla tatuajın tedavisini seçerken öncelikle kullanılmaması gereken dalga boyu, obje tarafından yansıtılacak olan aynı dalga boyundaki lazer ışığıdır.

Cilt; hemoglobin, melanin ve su olmak üzere başlıca üç kromofora sahiptir ve tedavi sırasında bu kromoforların absorpsiyon özellikleri de dikkate alınmalıdır. Bu yarışmacı kromoforların verilen ışığı absorbe etmeleri, istenmeyen yan etkilere neden olmanın ötesinde, pigmente ulaşan enerjiyi de azaltacaktır. Melanin, başta ultraviyole olmak üzere geniş bir spektrumdaki dalga boylarını absorbe ederken, bu absorpsiyon potansiyeli kısa UV dalga boylarından uzun infrared dalga boylarına doğru azalmaktadır. Halihazırda Q-anahtarlı lazerlerin tatuaj tedavisi için ideal olmalarının nedeni, saldıkları ışınların yarışmacı kromoforlarca çok az absorbe edilirken, derine penetre olabilmelerinden dolayıdır. Kırmızı ve infrared dalga boylarında (694, 755 ve 1064nm) ışık veren bu lazerlerin istisnası 1064 nm yanında 532 nm ışık salabilen Nd-YAG lazerlerdir. Herne kadar bu dalga boyu hemoglobin tarafından belirgin şekilde absorbe edilirse de, kırmızı tatuaj pigmenti tedavisinde oldukça etkindir^{1,4,7,8}.

Elektromanyetik radyasyonun daha kısa dalga boyları uzun dalga boylarından daha çok saçılım gösterir. Siyah renk bu dalga boylarının hepsini neredeyse eşit absorbe ettiğinden dolayı siyah tatuajların tedavisinde koyu tenli bireyler için mümkün olan en uzun dalga boyu kullanılmalıdır. Çünkü uzun dalga boyu kullanıldığında derinin yüzeyindeki melanin pigmenti daha az enerji absorbe edecek ve epidermal hasar azalacaktır^{7,8}.

Penetrasyon derinliğini en az dalga boyu kadar etkileyen başka bir parametre de deriye uygulanan ışığın spot büyüklüğüdür⁹. Işık uygulandığı alanın sınırlarında dağıldığından dolayı küçük spot boyutu ile daha büyük oranda dağılım gösterecek ve yeterli penetrasyon sağlanamayacaktır. Bu durum deri kanserlerinin iyonizan radyasyonla tedavisinde de gösterilmiştir⁴. Deri kanserlerinin tedavisi için daha küçük spot boyutu ile daha çok enerjiye ihtiyaç duyulurken, daha büyük spot boyutu ile aynı kanser daha az radyasyon kullanılarak tedavi edilebilmektedir. Lazer hekimlerce sık yapılan hatalardan biri, tedaviye refrakter hale gelen tatuajların tedavisine daha yüksek enerjiyle devam edebilmek için spot boyutunu gittikçe küçültmektir. Bu şekilde enerjinin büyük bölümü daha yüzeysel alanda kalacağı için hem epidermal hasar, dolayısıyla komplikasyon riski yükseltilmekte, hem de hedef alana ulaşabilen enerji miktarı azalarak tedaviden sonuç alınamamaktadır. Dolayısıyla belirli bir lazerle tedavide yol alınmadığı taktirde tedaviye başka bir cihazla devam etmek daha doğru bir yaklaşım olacaktır^{2,7,8,10}.

Modern tatuaj tedavisinin dayanak noktası Q-anahtarlı lazerlerdir ve başlıca 3 tip Q-anahtarlı lazer mevcuttur; Ruby, Alexandrite ve Nd-YAG. Bu lazerler seçici fototermoliz prensibine göre çalışırlar. Seçici fototermoliz kavramı deri veya başka dokulardaki hedef materyalin çevre doku veya etkilenmemiş dokuya zarar vermeksizin yok edilmesini tarifler¹¹. Bu hedefler genel anlamda kan damarı, melanin pigmenti veya tatuaj partikülleri gibi lazer enerjisini absorbe eden herhangi bir şey olabilir. Tatuaj tedavisi özelinde ise tatuaj pigmenti selektif bir şekilde yok edilirken, epidermis, dermis ve deri eklerinde çok az hasara neden olur. Q-anahtarlı ifadesi nanosaniye düzeyinde çok kısa lazer atımı oluşturmayı tanımlar. Buradaki temel yaklaşım hedef dokuların uygun dalga boyundaki enerjiyi selektif olarak absorpsiyonu ve termal gevşeme zamanından (yapının ısıtıldığı derecenin yarısına kadar soğuması için gereken zaman) daha kısa atım süresi ile tedavinin yapılmasıdır¹². Hedef pigmentin uzun süreli ısınması dermis ve deri eklerinde termal hasara neden olmaktadır ve selektif fototermoliz prensiplerine aykırıdır.

Tatuaj pigmentinin Q-anahtarlı lazerler ile yok edilmesi girişimlerini ilk olarak Goldman bildirmiştir^{13,14}. Araştırmacı nanosaniye atımlar kullanarak Q-anahtarlı ruby lazer ile siyah tatuaj pigmenti tedavisi

yapıldığında skar oluşmaksızın tatuajın silindiğini, ancak milisaniye atımlar ile tedavi uygulanan alanda termal hasar ortaya çıktığını göstermiştir. Q-anahtarlı lazerle uygun bir tedavinin sonucunda skar gelişme riski %4,5'dan daha düşük olduğu bildirilmiştir^{10,15}. Luenberger ve ark.yaptıkları karşılaştırmalı çalışma sonucunda Q-anahtarlı lazerlerin mavi-siyah dövmelemlerin tedavisinde en yüksek tedavi başarısına sahip oldukları, bununla birlikte uzun süreli hipopigmentasyon riskinin de yüksek olduğunu bildirmişlerdir¹⁶.

1. Q-anahtarlı Ruby Lazer

Ruby lazerler 694 nm dalga boyunda, atım saniyeleri 40 ns.'den düşük (genellikle 25 ns.) olan ve enerjileri genellikle 8-10 j/cm²'e çıkabilen lazerlerdir. İlk olarak Goldman ile nanosaniye atımlar kullanan Q-anahtarlı Ruby lazerlerin skar gelişimine neden olmaksızın koyu tatuaj pigmentlerini temizlediği, ancak milisaniye atımların uygulandığı alanda termal hasara neden olduğu gösterilmiştir^{13,14}. Bu çalışmada tatuajların kısmi olarak giderilebilmesi Goldman'ın bu girişiminin başarısızlıkla sonuçlandığı hükmüne varılmasına neden olmuştur. Yıllar sonra başka araştırmacılar mavi ve siyah tatuaj pigmentinin Q-anahtarlı ruby lazer ile doku hasarı olmaksızın başarıyla giderildiğini gösterdiler ve 3 ay sonra yapılan biyopsilerle tatuaj pigmentlerinin yanı sıra termal hasara dair bulgu da saptanmadığını ortaya koydular¹⁷.

Taylor ve ark. 40-80 nanosaniye atım süreleri ile 1,5-8 j/cm² aralığında Q-anahtarlı ruby lazer kullanarak amatör ve profesyonel tatuajların silindiğini göstermişlerdir. Çalışma sonucunda daha yüksek enerji kullanımının daha iyi sonuçlar verdiği ve 4-8 j/cm²'nin optimal enerji aralığı olduğu ortaya konmuştur. Toplamda amatör tatuajların %78'i ve profesyonellerin %23'ü en iyi sonuçlarla tedavi edilmiştir. Tedavi edilen 57 tatuajın sadece birinde skar gelişimi gözlenmiştir¹⁸.

Schiebner ve ark. tarafından yapılan başka bir çalışmada Q-anahtarlı ruby lazer, 5-8mm spot büyüklüğü ve 2-4 j/cm² enerji aralığında kullanılarak 163 tatuaja (101 amatör ve 62 profesyonel) tedavi yapılmıştır. Her bir tatuaj ortalama 3 tedaviye ihtiyaç duymuştur. Tedavi sonucunda amatör tatuajların %87'si, profesyonellerin ise yalnızca %11'inde %80'den fazla silinme saptanmıştır. Amatör tatuajların tedaviye profesyonel olanlardan daha iyi cevap verdiği; kırmızı, sarı ve yeşil renklerin siyah pigmentten daha az silindiği bir kez daha görülmüştür. Bu hastaların hiç birinde tedavi sonucunda skar gelişimi gözlenmemiştir¹⁹.

Lowe ise 10 j/cm² dozu ile daha yüksek tedavi başarısına ulaşmıştır. Bu çalışmada 5 tedavi seansının sonunda 28 profesyonel tatuajın 22'sinde %75'den tedavi başarısı bildirilmiştir²⁰.

Lazer tedavisinin yapılabileceği daha nadir bir endikasyon ise patlayıcı parçacıklarına bağlı travmatik tatuajlardır. Bu tip tatuajların tedavisi sırasında duyulan endişe patlayıcı toz parçacıklarına yüksek enerji transferinin mikropatlamalara neden olarak kavitasyon ve transepidermal deliklere yol açması ve dolayısıyla travmatik skarlara neden olabilesidir²¹. Sayed ve ark. tarafından yapılan bir vaka bildirisinde tedavi öncesi test ve düşük frekans ile tedavi yapıldığı taktirde patlayıcıya bağlı travmatik tatuajların Q-anahtarlı ruby lazer ile mükemmel bir şekilde giderilebileceği öne sürülmüştür²².

Tipik olarak ruby lazerler siyah ve mavi tatuaj pigmentlerinde çok etkilidir. Her ne kadar bazı otörler eski ruby lazerlerin yeşil pigmentlerin tedavisinde çok etkili olmadığını bildirseler de, Kilmer ve Anderson ruby lazerlerin mavi-siyah ve yeşil pigmentleri etkili bir şekilde tedavi ettiğini bildirmişlerdir¹⁵. Genel olarak profesyonellerce yapılmış olanlar, distal yerleşimliler, yakın zamanda yapılanlar ve derin olanlar daha fazla tedavi seansına ihtiyaç duyarlar^{15,23}. Ayrıca travmatik nedenli olanlar ve

radyoterapi uygulaması esnasında işaretleme amaçlı yapılan medikal tatuajlarda Q-anahtarlı ruby lazerlerle oldukça iyi sonuçlar alınabilir²⁴.

2. Q-anahtarlı Alexandrite Lazer

Q-anahtarlı alexandrite lazerler dalga boyu açısından ruby ve Nd-YAG lazerlerin arasında, 755 nm dalga boyunda ışın salarlar. Yeşil, mavi ve siyah tatuajlar için kullanılmıştır ve yeşil renkli tatuajların tedavisinde en uygun seçenek olarak kabul edilebilir.

Fitzpatrick ve Goldman tarafından yapılan bir çalışmada amatör ve profesyonel tatuajları olan 25 hastada, ortalama 8,9 tedavi seansı sonucunda %95 tatuaj temizlenmesi sağlandığı bildirilmiştir²⁵. Tedavi uygulanan hastaların %50'sinde geçici hipopigmentasyon gözlenmiştir. Başka bir çalışmada 24 profesyonel ve 18 amatör tatuajın alexandrite lazer ile tedavisi ile profesyonel tatuajların (ortalama 8,5), amatör tatuajlardan (ortalama 4,6) daha çok tedavi seansına ihtiyaç duyduğu gösterilmiştir. Tedavinin etkinliği enerji yoğunluğu ile artmaktadır ve genellikle 1-2 ay ara ile ortalama 4-10 seans gerekir²⁶.

3. Q-anahtarlı Nd:YAG Lazer

Nd-YAG lazer infrared spektrumda 1064 dalga boyunda ışık vermektedir. Bu dalga boyu insan gözü için görülebilir değildir. Orijinal 1064 nm dalga boyu, optik bir kristalden geçirilerek (Potassium Titanyl Phosphate-KTP) lazerin frekansı yarıya katlanabilir ve böylece 532 nm dalga boyunda, yeşil renkte ışık elde edilmiş olur. Dolayısıyla Q-anahtarlı Nd-YAG lazerler 1064 ve 532 nm olmak üzere 2 dalga boyunda ışık verme yeteneğindedir. Görünür ışık bandında (yeşil) bulunan 532 nm dalga boyu özellikle kırmızı boyalar ve melanin tarafından absorbe edilmektedir. Bu özellikleri, hekimin siyah ve koyu mavi pigmentlerde 1064 nm dalga boyunu; kırmızı, sarı ve turuncu pigmentlerde 532 nm dalga boyunu kullanabilmesine imkan sağlamaktadır⁴.

Kilmer ve ark. dört tedavi seansı sonucunda 6-12 j/cm² enerji aralığında Q-anahtarlı Nd-YAG lazer kullanarak tedavi uyguladıkları 39 tatuajda siyah tatuajların %77'sinde %75'den fazla pigment temizleme başarısı ve 10-12 j/cm² enerji aralığı ile tatuajların %28'inde %95'den fazla tedavi başarısı bildirmişlerdir²³.

Koyu tatuaj pigmentleri uzun 1064 nm dalga boyunu etkili bir şekilde absorbe eder, ancak epidermal melanin pigmentlerince, daha kısa dalga boylarına göre daha az absorbe edilir. Dolayısıyla koyu tenli bireylerin tedavisinde epidermal melanin pigmentini etkileme riski kısa dalga boylarından daha azdır. Ruby ve alexandrite lazerlerle karşılaştırıldıklarında 1064 nm.'nin epidermal melanin pigmentince absorpsiyonu rölatif olarak az olduğundan, koyu tenli bireylerin tedavisinde potansiyel avantajlara sahiptir. Jones ve ark. deri tipi 6 olan 15 hastanın tatuajlarına Q-anahtarlı Nd-YAG lazer uygulamışlardır. 3-4 seanslık tedavi sonucunda tatuajların yarısından fazlasında %75-95 oranlarında silinme bildirmişlerdir²⁷.

Lapidoth ve Aharonowitz cilt tipi 5 ve 6 olan Etiyopyalı 404 hastada yaptıkları tatuaj tedavilerini değerlendirmişlerdir. Tüm tatuajlar deriye kömür enjeksiyonu ile oluşturulmuş mavi-siyah tatuajlardır. En az 8 haftalık aralarla 3-6 seans Q-anahtarlı Nd-YAG (380 hasta) veya ruby lazer (24 hasta) tedavileri uygulamışlardır. Son takipte hastaların %92'sinde %75-100'lük başarı oranına ulaşılmıştır. Geçici hafif hiperpigmentasyon, hastaların %44'ünde ve hafif yapısal bozukluk 2 hastada gözlenmiştir. Hiçbir hastada skarlaşma veya kalıcı pigmentasyon bozukluğu oluşmamıştır²⁸.

Pratikte görülmüştür ki dirençli tatuajların çoklu tedavileri sonucunda takip eden tedavilerle yanıt azalırken, fibrozis ve yapısal bozukluklar daha çok ortaya çıkabilmektedir. Karsai ve ark.'ın dirençli tatuajların tedavisinde

ışın profili ve spot büyüklüğünün etkisini değerlendirdikleri çalışmaya Q-anahtarlı Nd-YAG lazer ile başarısızlıkla tedavi edilen 32 hastadaki 36 profesyonel siyah tatuaj dahil edilmiştir. Tedavi direnci nedeniyle tüm tatuajlar yeni jenerasyon bir Nd-YAG lazer ile tekrar tedavi edilmiştir. Araştırmacılar daha homojen bir ışın profili sunan 1064 nm Nd YAG lazeri, daha büyük bir spot boyutu ile uygulamışlar ve çalışmanın sonucunda dirençli tatuajların düşük yan etki insidansı ile tedavi edilebileceğini ilk olarak göstermişlerdir²⁹.

Koyu mavi ve siyah tatuaj pigmenti tedavisinde 1064 nm dalga boyu kullanımı etkili bir tedavi sunarken, kırmızı ve turuncu pigmentler için 532 nm dalga boyu daha uygun bir yaklaşımdır. Genellikle kırmızı pigmentin %75'i 3 seansta tedavi edilebilmektedir^{27,30}. Tedavi etkinliğinin yanında allerjik reaksiyon riski daha yüksek olan kırmızı pigmentlerin tedavisinde topikal klobetazol ile kombine edilerek yüksek güvenilirliğe sahip olduğu da gösterilmiştir³¹.

Mevcut lazerle tatuaj tedavisi yöntemlerinde nanosaniye lazerler kullanılmaktadır, ancak selektif fototermoliz teorisine göre partikülde fragmantasyona neden olacak optimal tedavi için lazerin atım süreleri partikülün termal relaksasyon süresinde ya da daha kısa sürede olmalıdır^{32,33}. Tatuaj yapılırken kullanılan partiküllerin çoğunun termal relaksasyon süresi pikosaniye (pikosaniye=1/1000 nanosaniye) düzeyindedir. Buradan hareketle pikosaniye lazerler Q-anahtarlı lazerlerden daha kısa atım süresi ile daha etkili tedaviyi daha kısa sürede yapabilmek için geliştirilmiştir.

Ross ve ark.'ın yaptığı çalışmada 2 farklı Nd-YAG lazer, siyah tatuaj pigmentlerinde, atım süreleri 10 nanosaniye ve 35 pikosaniye olacak şekilde karşılaştırılmıştır. 4 hafta aralarla 4 kez verilen tedavilerin sonucunda 16 tatuajın 12'sinde pikosaniye lazerler daha yüksek etkinlik göstermiştir³⁴. Izikson ve ark.'ın yaptığı, pikosaniye lazerlerin siyah tatuajın giderilmesindeki etkinlik ve güvenilirliği ortaya koymayı amaçladığı hayvan modelinde, karbon tatuajı açısından 758 nm-500 pikosaniye lazer, 755 nm dalga boyunda ve 30-50 nanosaniye lazerden daha yüksek bir etkinlik ortaya koymuştur. Bununla birlikte her iki tedavi modalitesinde de hiçbir yan etkinin izlenmediği tek bir seansın sonunda demir oksit tatuajları açısından tedaviler arasında farklılık gözlenmemiştir³².

Rölatif olarak daha az çalışmanın yapıldığı pikosaniye lazerleri bir kenara bırakarak tatuaj tedavisinde daha çok kullanılmakta olan Q-anahtarlı ruby, alexandrite ve Nd-YAG lazerleri birlikte değerlendirecek olursak, mavi ve siyah tatuajların tedavisinde her 3 tip Q-anahtarlı lazer arasında ruby lazer en yüksek tedavi başarısına sahiptir, ancak hipopigmentasyon insidansı da yüksektir¹⁶. Zelikson ve ark. Q-anahtarlı lazerlerin etkilerini klinik, histopatolojik ve ultrastrüktürel olarak değerlendirdikleri çalışmaya göre kırmızı, kahverengi ve turuncu pigmentler için Nd-YAG lazer; mavi ve yeşil pigmentler için alexandrite; mor pigmentler için Q-anahtarlı ruby lazer en etkili seçenektir ve siyah tatuaj açısından ise lazerler arasında anlamlı bir farklılık yoktur³. Ancak cihazların sürekli gelişmesi eski çalışmaların mevcut lazerlere uyarlanmasını güçleştirmektedir.

Klinik pratikte tatuaj tedavisinde tek bir lazere sahip olmak genellikle sadece siyah pigment tedavisi için yeterlidir. Siyah tatuajlar ise sıklıkla tek bir tip lazere dirençli bir hale gelebilirler. Bu noktada daha yüksek enerji verebilmek için spot büyüklüğü daraltıldığı taktirde azer enerjisinin büyük kısmı yüzeysel dermise yönlendirilmekte ve buna bağlı olarak skar yatkinliği artmaktadır. Eğer tatuaj tedavisi hekimin sık uyguladığı bir prosedür ise ikinci bir lazer, elde edilen sonuçları dramatik şekilde düzeltecektir. Her bir lazere ait çeşitli avantajlar vardır ve doğru lazerin

taayininde tatuajın özellikleri kadar hastanın cilt tipi de önemlidir. Özellikle birden çok rengin kullanıldığı kozmetik tatuajlarda tedavi başlangıcında test atışlarının yapılması dokunun ve tatuajın o lazere yanıtının değerlendirilmesi fırsatını sunar.

Tedaviye rağmen tatuajın bir bölümü halen tedavi edilmediyse, kalan pigmentin tedavisi için ablatif bir lazer ile Q-anahtarlı lazer birlikte kullanılabilir. Derin bir lokalizasyondaki pigment yüzeysel dokuların ablatif tedavisi sonrasında, Q-anahtarlı bir lazerin erişebileceği bir noktaya getirilebilir. Bunların ötesinde hayvan modellerinde lazer tedavisine imikimod eklenmesinin pigmentin giderilmesine ek faydalar sağladığı gösterilmiştir³⁵.

Yan Etki ve İlişkili Reaksiyonlar

Bu derlemenin sınırları dışında olan tatuajlara bağlı gelişebilecek bir çok komplikasyonun ötesinde, tatuajın giderilmesi için yapılan lazer uygulamalarına bağlı olarak da çeşitli yan etkiler ve uygulamaya bağlı reaksiyon ve değişiklikler gözlenebilir. Bunlar arasında en sık gözlenenleri allerjik reaksiyonlar, dispigmentasyonlar, pigmentteki ve dokudaki yapısal değişiklikler ve tedavi direnci olarak sınıflandırılabilir.

1. Allerjik Reaksiyonlar

Çeşitli tatuaj pigmentlerine karşı lokal allerjik yanıtlar gelişebilir, ancak en bilineni kırmızı pigmentlere karşı olandır ve bu durumdan sıklıkla sorumlu olan civadır³⁶. Daha nadir hallerde, kadmiyum (sarı), krom (yeşil) ve kobalt (mavi) gibi metal tuzlar içeren tatuajlar lokal allerjik veya fotoallerjik deri reaksiyonlarına, çok nadir olarak da sistemik reaksiyonlara neden olabilir. Ashinoff ve ark. allerjik reaksiyon gelişen ve tatuajı yalnızca 2 seansta %75 silinen bir kadın hasta bildirmişlerdir³⁷. Lazer tedavisi sonrasında belirgin bir inflamatuvar ve immünolojik reaksiyon gelişiminin tatuajın silinmesine yardım edebileceğini düşünülmektedir³⁸. Tatuajların lazerle tedavisi sonrasında gelişen allerjik reaksiyonu kontrol altına almak için intralezyonel steroid kullanımının faydalı olduğunu bildiren yayınlar mevcuttur^{39,40}. Bununla birlikte Q-anahtarlı lazer tedavisi sonucunda pigmentin sistemik dolaşıma katılabilmesine bağlı olarak gelişebilecek ciddi sistemik allerjik reaksiyonlardan kaçınmak için allerjik reaksiyona neden olduğu bilinen pigmentlerin tedavisinde Q-anahtarlı lazerlerin kullanılmaması da önerilmektedir⁸.

2. Dispigmentasyon

Tatuajların Q-anahtarlı lazerler ile tedavisinde melanin ana yarışmacı pigmenttir. Daha kısa dalga boylarıyla yapılan tedavilerde melaninin ışık absorpsiyonundaki artış hipopigmentasyona neden olabilir. Bu hipopigmentasyon 510-532 nm lazerlerle olduğu gibi geçici veya Q-anahtarlı ruby lazerlerle olduğu gibi uzun süreli olabilir.

Luenberger tarafından yapılan karşılaştırmalı çalışmada Q-anahtarlı ruby lazer teavisi ile hastaların %38'inde, çoğu geçici olan, hipopigmentasyon gözlemlendiği bildirilmiştir¹⁶. Aynı çalışmada 1064 nm dalga boyuyla hipopigmentasyon hiç gözlenmezken, 755 nm ile hastaların %2'sinde uzun süreli hipopigmentasyon gözlenmiştir. Pfirrmann ise kendi tecrübelerinde hastaların yaklaşık %10'unda kalıcı hipopigmentasyon geliştiğini bildirmektedir⁸. Tipik olarak 2-6 ay süren hipopigmentasyon gelişimindeki en önemli risk faktörlerinden biri uygulama yapılan seans sayısıdır. Yazık ki, çoğu çalışmada tedavi sonrası takip yeterince yapılamamaktadır. Bu yan etki Nd-YAG lazer tedavisi ile çok daha az görülmesinin nedeni melaninin bu dalga boyunda daha az ışığı absorbe etmesine bağlıdır²⁷. Kalıcı hipopigmentasyon gelişmiş olan hastalarda

Excimer lazer kullanarak repigmentasyon sağlanabilir. Gundogan ve ark.'ın bildirdiği bir hastada Nd-YAG / KTP-NdYAG ile tatuaj tedavisini takiben kalıcı hipopigmentasyon gelişmiş ve bu hastaya 14 aylık bir süre zarfında 40 seans excimer lazer tedavisi verilerek kalıcı repigmentasyon sağlanmıştır⁴¹.

Koyu tenli kişilerde hiperpigmentasyon başka önemli bir problemdir. Bu olgular ise epidermise daha az etki eden, daha uzun dalga boylu Nd-YAG lazerlerle daha iyi tedavi edilebilir. Eğer Q-anahtarlı ruby veya Q-anahtarlı alexandrite lazer kullanılacak ise bu risk daha düşük enerjiler kullanılarak kompanse edilebilir. Aynı zamanda koyu tenli veya bronzlaşmış kişilerde lazer tedavisine başlamadan önce renk açıcı tedaviler verilebilir. Ayrıca pigmenter ve/veya yapısal değişikliklere yatkın kişilerde daha uzun tedavi aralıkları daha uygun bir yaklaşım olabilir. Bu hastalar tedavi öncesinde ve sonrasında güneş maruziyetinden korunmalıdırlar⁸.

3. Pigment Koyulaşması

Özellikle kozmetik tatuajların lazerle tedavisi sonrasında paradoksal pigment koyulaşması görülebilir. Kırmızı, pembe, cilt tonunda ve beyaz olanlar ile bu reaksiyon daha sık gözlenebilir, ancak sarı, mavi ve yeşil pigmentler de benzer bir şekilde koyulaşabilir. Peach ve ark. Q-anahtarlı Nd-YAG ile tedavi uyguladıkları birden çok renkli 184 tatuajın 33'ünde (%17,9) renk değişikliği gözlemişlerdir⁴². Kozmetik tatuajlarda sıklıkla demir oksit ve titanyum dioksit kullanılır ve 140 °C'nin üzerinde ısıtıldığında oksidasyon-reduksiyon reaksiyonlarına ya da tutuşmaya bağlı olarak demir oksit kahverengiden siyaha dönüşür. Bu reaksiyonlar Q-anahtarlı lazerlerin kısa atım süresinde çok yüksek ısıların oluşumuyla gerçekleşebilir. Ferrik oksit (pas renginde) ferröz oksite (siyah); Ti+4 (beyaz), Ti+3'ya (mavi-siyah) dönüşür⁴³. Bu pigment değişimi çoğunlukla sonrasında uygulanan Q-anahtarlı lazer tedavilerine dirençlidir¹.

4. Diğer

Kısmen daha sık karşılaşılan bu yan etkilerin dışında daha nadir gözlenen yan etkiler de olabilir. Kısa atım süreli yüksek enerjiler basınç şoku dalgasına bağlı epidermal debris gelişimine neden olabilir. Verilen çok yüksek enerjiye bağlı olarak kan damarlarında rüptür ve dokuların aerosolleşmesi gerçekleşebilir. Bu materyaller enfeksiyöz olabilecekleri için uygulayıcının korunması gereklidir. Daha büyük spot boyutlarının kullanımı böylesi riskleri azaltabilir.

Boyanın intradermal yerleşimine bağlı olarak Köbner yanıtı gelişebilir veya tatuaj enjeksiyon ile ortaya çıkan mikro-skar gelişimi gibi yapısal değişiklikler tedavi sonrasında farkedilir olabilir⁴⁴. Bunların dışında tatuaja lazer uygulaması ile keloid ve kalıcı lökotişiya gibi daha nadir komplikasyonlar da bildirilmiştir^{45,46}.

Sonuç

Toplumdaki tatuaj yaygınlığı arttığı ölçüde tedavisine olan ihtiyaç da artacaktır. Çok sayıda tedavi yöntemi uygulanmış olsa da, geçmişte sıklıkla tercih edilen destrüktif yöntemler, hem tedavideki yetersizlikleri, hem de sık ortaya çıkan yan etkilerinden dolayı büyük ölçüde terk edilmiştir. Bunun yerine gittikçe daha sık uygulanır olan lazerin tatuaj pigmenti ile etkileşiminin mekanizmaları ise halen netlik kazanmamıştır ve aydınlatılmaya ihtiyaç duymaktadır.

Bugün tatuaj tedavisinin dayanak noktasını oluşturan Q-anahtarlı lazerlerin her birinin avantajları yanında yetersizlikleri ve yan etkileri de mevcuttur. Tatuajın giderilmesi için tedavi yapacak olan hekimlerin öncelikle tedavi yapacakları hastaları doğru seçmeleri ve tedavi süreci ve sonuçları ile ilgili olarak hastayı iyi aydınlatmaları gerekmektedir. Bunun

ötesinde tedavide kullanılacak lazerin seçiminde tatuajın yapısı ve hastanın cilt tipi önem arz etmektedir. Bu unsurları dikkate alarak doğru lazer seçimi ve uygun tedavi parametrelerine rağmen tek bir lazer kullanımı yeterli klinik yanıtın alınmasını sağlayamayabileceğinden, tedavi sürecinde başka bir Q-anahtarlı lazerle veya yöntemle kombinasyon gerekli olabilmektedir. Tatuajların lazerle tedavisinde pikosaniye lazerler gibi yeni yöntemler tatuaj tedavisini daha az yan etkiyle veya daha az seansta mümkün kılmaya potansiyeline sahiptir.

Kaynaklar

1. Choudhary S, Elsaie ML, Leiva. A, et al: Lasers for tattoo removal: a review. *Lasers Med Sci* 2010;25:619-27.
2. Lea PJ, Pawlowski A: Human tattoo. Electron microscopic assessment of epidermis, epidermal-dermal junction, and dermis. *Int J Dermatol* 1987;26:453-8.
3. Zelickson BD, Mehregan DA, Zarrin AA, et al: Clinical, histologic, and ultrastructural evaluation of tattoos treated with three laser systems. *Lasers Surg Med* 1994;15:364-72.
4. Bernstein EF: Laser treatment of tattoos. *Clinics in Dermatology* 2006;24:43-55.
5. Bailin PL, Ratz JR, Levine HL: Removal of tattoos by CO2 laser. *J Dermatol Surg Oncol* 1980;6:997-1001.
6. Anderson LL, Cardone JS, McCollough ML, et al: Tattoo pigment mimicking metastatic malignant melanoma. *Dermatol Surg* 1996;22:92-4.
7. Bernstein EF: Laser tattoo removal. *Semin Plast Surg* 2007;21:175-92.
8. Pfirrmann G, Karsai S, Roos S, et al: Tattoo removal-state of the art. *J Dtsch Dermatol Ges* 2007;5:889-97.
9. Bernstein EF, Kornbleuth S, Brown DB, et al: Treatment of spider veins using a 10 millisecond pulse-duration frequency-doubled neodymium YAG laser. *J Dermatol Surg* 1999;25:316-20.
10. Kilmer SL: Laser treatment of tattoos. *Dermatol Clin* 1997;15:409-17.
11. Anderson RR, Parrish JA: Selective photothermolysis: precise microsurgery by selective absorption of pulsed radiation. *Science* 1983;220:524-7.
12. Anderson RR, Margolis RJ, Watanabe S, et al: Selective photothermolysis of cutaneous pigmentation by Q-switched Nd:YAG laser pulses at 1064, 532 and 355 nm. *J Invest Dermatol* 1989;93:28-32.
13. Goldman L, Blaney DJ, Kindel Jr DJ, et al: Pathology of the effect of the laser beam on the skin. *Nature* 1963;197:912-4.
14. Goldman L, Wilson RG, Hornby P, et al: Radiation from a Q-switched ruby laser. Effect of repeated impacts of power output of 10 megawatts on a tattoo of man. *J Invest Dermatol* 1965;44:69-71.
15. Kilmer SL, Anderson RR: Clinical use of the Q-switched ruby and the Q-switched Nd:YAG (1064 nm and 532 nm) lasers for treatment of tattoos. *J Dermatol Surg Oncol* 1993;19(4): 330-8.
16. Leuenberger ML, Mulas MW, Hata TR, et al: Comparison of the Q-switched alexandrite, Nd:YAG, and ruby lasers in treating blue-black tattoos. *Dermatol Surg* 1999;25:10-4.
17. Levine VJ, Geronemus RG: Tattoo removal with the Q-switched ruby laser and the Q-switched Nd:YAG laser: a comparative study. *Cutis* 1995;55(5):291-296.
18. Taylor CR, Gange RW, Dover JS, et al: Treatment of tattoos by Q-switched ruby laser. A dose-response study. *Arch Dermatol* 1990;126:893-9.
19. Scheibner A, Kenny G, White W, et al: A superior method of tattoo removal using the Q-switched ruby laser. *J Dermatol Surg Oncol* 1990;16:1091-8.
20. Lowe NJ, Luftman D, Sawcer D: Q-switched ruby laser. Further observations on treatment of professional tattoos. *J Dermatol Surg Oncol* 1994;20:307-11.
21. Fusade T, Toubel G, Grogard C, et al: Treatment of gunpowder traumatic tattoo by Q-switched Nd:YAG laser: an unusual adverse effect. *Dermatol Surg* 2000;26:1057-9.
22. El Sayed F, Ammouy A, Dhaybi R: Treatment of fireworks tattoos with the Q-switched ruby laser. *Dermatol Surg* 2005;31:706-8.
23. Kilmer SL, Lee MS, Grevelink JM, et al: The Q-switched Nd:YAG laser effectively treats tattoos. A controlled, dose response study. *Arch Dermatol* 1993;129:971-8.
24. Ashinoff R, Geronemus RG: Rapid response of traumatic and medical tattoos to treatment with the Q-switched ruby laser. *Plast Reconstr Surg* 1993;91:841-5.

25. Fitzpatrick RE, Goldman MP: Tattoo removal using the alexandrite laser. *Arch Dermatol* 1994;130:1508-14.
26. Alster TS: Q-switched alexandrite laser treatment (755 nm) of professional and amateur tattoos. *J Am Acad Dermatol* 1995;33:69-73.
27. Jones A, Roddey P, Orengo I, et al: The Q-switched Nd:YAG laser effectively treats tattoos in darkly pigmented skin. *Dermatol Surg* 1996;22:999-1001.
28. Lapidoth M, Aharonowitz G: Tattoo removal among Ethiopian Jews in Israel: tradition faces technology. *J Am Acad Dermatol* 2004;51:906-9.
29. Karsai S, Pfirrmann G, Hammes S, et al: Treatment of resistant tattoos using a new generation Q-switched Nd:YAG laser: influence of beam profile and spot size on clearance success. *Lasers Surg Med* 2008;40:139-45.
30. Ferguson JE, August PJ: Evaluation of the Nd:YAG laser for treatment of amateur and professional tattoos. *Br J Dermatol* 1996;135:586-91.
31. Antony FC, Harland CC: Red ink tattoo reactions: successful treatment with the Q-switched 532 nm Nd:YAG laser. *Br J Dermatol* 2003;149:94-8.
32. Izikson L, Farinelli W, Sakamoto F, et al: Safety and Effectiveness of Black Tattoo Clearance in a Pig Model After a Single Treatment With a Novel 758nm 500 Picosecond Laser: A Pilot Study. *Lasers in Surgery and Medicine* 2010;42:640-6.
33. Herd RM, Alora MB, Smoller B, et al: A clinical and histologic prospective controlled comparative study of the picosecond titanium:sapphire (795 nm) laser versus the Q-switched alexandrite (752 nm) laser for removing tattoo pigment. *J Am Acad Dermatol* 1999;40:603-6.
34. Ross V, Naseef G, Lin G et al: Comparison of responses of tattoos to picosecond and nanosecond Q-switched neodymium: YAG lasers. *Arch Dermatol* 1998;134:167-71.
35. Ramirez M, Magee N, Diven D, et al: Topical imiquimod as an adjuvant to laser removal of mature tattoos in an animal model. *Dermatol Surg* 2007;33:319-25.
36. Bhardwaj SS, Brodell RT, Taylor JS: Red tattoo reactions. *Contact Dermatitis* 2003;48:236-7.
37. Ashinoff R, Levine VJ, Soter NA: Allergic reactions to tattoo pigment after laser treatment. *Dermatol Surg* 1995;21:291-4.
38. Antony FC, Harland CC: Red ink tattoo reactions: successful treatment with the Q-switched 532 nm Nd:YAG laser. *Br J Dermatol* 2003;149:94-8.
39. Antony FC, Harland CC: Red ink tattoo reactions: successful treatment with the Q-switched 532 nm Nd:YAG laser. *Br J Dermatol* 2003;149:94-8.
40. Dave R, Mahaffey PF: Successful treatment of an allergic reaction in a red tattoo with the Nd-YAG laser. *Br J Plast Surg* 2002;55:456.
41. Gundogan C, Greve B, Hausser I, et al: Repigmentation of persistent laser-induced hypopigmentation after tattoo ablation with the excimer laser. *Hautarzt* 2004;55:549-52.
42. Peach AH, Thomas K, Kenealy J: Colour shift following tattoo removal with Q-switched Nd-YAG laser (1064/532). *Br J Plast Surg* 1999;52:482-7.
43. Lee CN, Bae EY, Park JG, et al: Permanent makeup removal using Q-switched Nd:YAG laser. *Clin Exp Dermatol* 2009;34:594-6.
44. Sowden JM, Cartwright PH, Smith AG, et al: Sarcoidosis presenting with a granulomatous reaction confined to red tattoos. *Clin Exp Dermatol* 1992;17:446-8.
45. Kluger N, Hakimi S, Giudice PD: Keloid Occurring in a Tattoo after Laser Hair Removal. *Acta Derm Venereol* 2009;89:334-5.
46. Liu XJ, Huo MH: Permanent leukotrichia after Q-switched 1064 nm laser tattoo removal. *Indian J Dermatol Venereol Leprol* 2011;77:81-2.