

DİŞ HEKİMLİĞİNDE DENTAL ISI ÖLÇÜM TEKNİKLERİ: LİTERATÜR DERLEMESİ

DENTAL TEMPERATURE MEASUREMENT TECHNIQUE IN DENTISTRY: LITERATURE REVIEW

¹*Rabia Merve ÇELİK KARATAŞ, ²Abdullah DEMİR, ³Emire Aybüke ERDUR

¹Dr. Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti A.D., KONYA.

²Prof.Dr. Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti A.D., KONYA.

³Dr. Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti A.D., KONYA.

Özet

Dental pulpa; kolaylıkla fiziksel, kimyasal, biyolojik ve termal faktörlerden etkilenebilecek hassas bir dokudur. Mine ve dentin aracılığı ile iletilen sıcaklık artışları termal duyarlılığa ve pulpal yıkımlara neden olur. Dişte meydana gelen ısı değişiminin ölçümünde genellikle iki farklı teknik uygulanabilmektedir. Bunlar termokupl ve termal kamera (Infrared termografi) teknikleridir. Bu literatür derlemesinin amacı, diş hekimliğinde kullanılan ısı ölçüm tekniklerinin özellikleri, avantajları, dezavantajları ve kullanım alanları hakkındaki mevcut bilgileri derlemektir.

Anahtar Kelimeler: Termal kamera, termokupl, ısı, pulpa.

Abstract

Dental pulp is a sensitive tissue that can be easily affected by physical, chemical, biological and thermal factors. Temperature increase transmitted by means of enamel and dentine causes thermal sensitivity and pulpal destruction. In general two different techniques can be used to measure temperature change in the tooth. These are thermocouple and thermal camera techniques. The purpose of this literature review is to compile available information about features, advantages, disadvantages and areas of the thermal measurement techniques.

Key words: Thermal camera, thermocouple, temperature, pulp.

Giriş

Dental tedavi sırasında pulpal dokudaki ısı artışının muhtemel yıkıcı etkisi tüm diş hekimliğini ilgilendirmektedir (1). Dentin, düşük termal iletkenliğe sahiptir (2) fakat derin preparasyonlarda tübüler yüzey artışı olduğu için pulpaya zarar verme potansiyeli artar (3). Isının pulpaya ulaşması pulpanın periferinde yanma reaksiyonları, ektojik odontoblastlar ve onların yıkımı (4), protoplazma koagülasyonu (5), dentinal tübüllerde ve pulpada likit genişlemesi, tübüllerden dışarı akışın artması gibi çeşitli histopatolojik değişimlere neden olabilir. Bu süreç pulpal damarlara etki edebilir, doku nekrozu ve vasküler zararla sonuçlanabilir (6).

Zach ve Cohen (7), diş pulpasındaki ısı artışının 5.5°C'den yüksek olmasının inflamasyona neden olduğunu ve 5.5°C ısı

artışının dişlerin % 15'inde pulpa nekrozuna neden olduğunu, 11.1°C ısı artışının dişlerin % 60'ında pulpa nekrozuna neden olduğunu ve 16.6°C artışın dişlerin % 100'ünde pulpa nekrozuna neden olduğunu rapor etmişlerdir. Schubert yaptığı çalışmada, pulpadaki ısı 41.5°C'ye yükseldiğinde pulpada inflamasyonun başladığını tespit etmiştir (8).

Dişte meydana gelen ısı değişiminin ölçümünde genellikle iki farklı deneysel teknik uygulanabilmektedir. Bunlar termokupl ve termal kamera (Infrared termografi) teknikleridir (9-13).

Bu literatür derlemesinin amacı, diş hekimliğinde kullanılan ısı ölçüm tekniklerinin özellikleri, avantajları, dezavantajları ve kullanım alanları hakkındaki mevcut bilgileri derlemektir.

Termal Kameralar (Infrared Termografi)

Termografi, termal görüntüleme veya termal video kullanımı; 19. yüzyıl başlarında, astronom Sir William Herschel'in bir prizma, kâğıt tablo ve farklı renklerin ısıyı ölçebilen siyahlaştırılmış hazneli bir termometre

*İletişim Adresi

Dr. Rabia Merve ÇELİK KARATAŞ
Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti A.D.
KONYA

e-mail: dtrmerve@gmail.com

kullanılarak yaptığı ilk deneyler ile başlamıştır. Herschel, prizmadan gün ışığını geçirerek elde ettiği gökkuşağı renklerini bir termometreye yansıtıp, termometreyi bu renkler arasında hareket ettirerek ısıda değişimler olduğunu keşfetmiştir. Bu ısı radyasyona yol açmaktadır ve görülememektedir. Bu görülemeyen radyasyonu Herschel "kalorifik ışın" olarak tanımlamıştır. Bu ışın günümüzde "infrared (IR)" olarak bilinmektedir. İlk infrared görüntüleme sistemleri, 1940'lı yıllarda ve sonrasında geliştirilerek endüstri ve tıp alanında kullanılmaya başlanmıştır. Avrupa, Amerika ve Japonya termal görüntüleme sistemlerini 1960 ve 70'li yıllar boyunca daha da geliştirerek yaygın şekilde kullanmaya başlamışlardır (14).

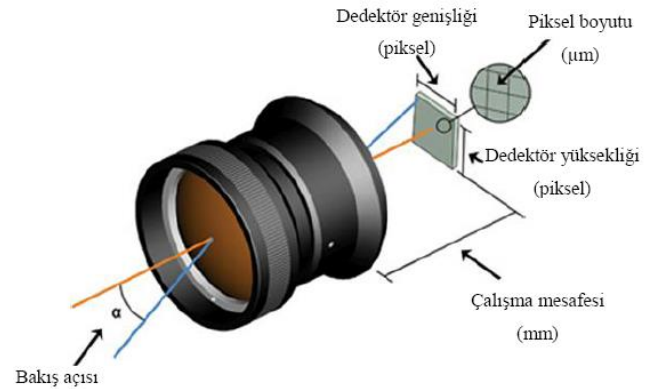
Sıcaklığı mutlak sıfırın (-273°C) üzerinde olan her cisim ışın üretmektedir. Bu elektronik dalgaların elektromanyetik spektrumu $0,7-1000 \mu\text{m}$ dalga boyu bandındadır ve infrared (termal, IR) ışık olarak tanımlanmaktadır. Bu IR dalgalar, çıplak gözle görülemezler ve cismin yaklaşık olarak $2.5 \times 10^{-5}\text{mm}$ kalınlığındaki yüzeyinden yayılırlar (15). Bir cismin elektromanyetik spektrumun IR bandında yaymakta olduğu termal enerjinin, görünen bir resme çevrilmesi yöntemi, infrared termografi tekniği (IRTT) olarak adlandırılmaktadır (16). Bu metot, termal enerjinin gözle görülebilmesini sağlarken cisme dokunmaz ve her hangi bir şekilde zarar vermez.

Termal görüntülemelerde ölçülen değer ısı enerjisidir ve böylelikle termal kameralar ışık miktarı veya yoğunluğundan etkilenmezler (17, 18). Bir cismin yaydığı termal enerji temel olarak cismin yüzey sıcaklığı ile ilişkilidir. Bundan dolayı, infrared görüntüleme, iki boyutlu sıcaklık ölçme tekniği olarak da tanımlanabilir (19).

Termal Kameraların Yapısı

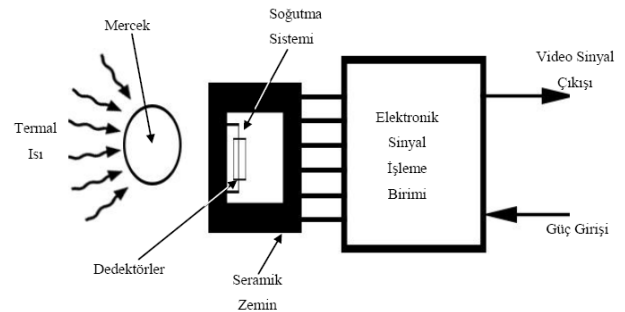
Termal kameralar; termal görüntüleme sistemlerinin tip ve modeline bağlı olarak değişiklik gösterebilen mercek, mercek muhafazası, ekran, dedektör ve işleme elektronik cihazları, kumanda araçları, veri depolama cihazları, veri işleme ve rapor oluşturma yazılımları gibi çok sayıda ortak bileşenden oluşur. IR bandı için tasarlanmış mercek, ayna ve prizmalardan oluşan optik birim, nesnelere salınan IR radyasyonun odaklanıp dedektör üzerine düşmesini sağlamaktadır. Şekil 1'de termal kameranın

yapısında bulunan optik bölüm gösterilmiştir (20).



Şekil 1. Bir termal kameranın optik bölümü (20)

Mekanik birimler; özellikle tek boyutlu dedektörlerin kullanıldığı termal kameralarda kullanılır ve mekanik tarama ile dedektörün iki boyutlu algılama yapmasını sağlayan birimlerdir (Şekil 2) (20).



Şekil 2. Termal kameranın şematik görünümü (20)

Mercekler: Termal kameraların en az bir merceği bulunmaktadır. Bu mercek, gelen kızılötesi ışınımı dedektör üzerine odaklamak için kullanılır (20).

Ekranlar: Termal kamera üzerine konumlandırılmış olan sıvı kristal görüntülü (LCD) inceleme ekranı üzerinde termal bir görüntü oluşmaktadır (20).

Dedektör ve İşleme Elektronik Cihazları: Dedektör ve işleme elektronik cihazları, kızılötesi enerjiyi işlerler ve kullanılabilir bilgiye dönüştürürler (20).

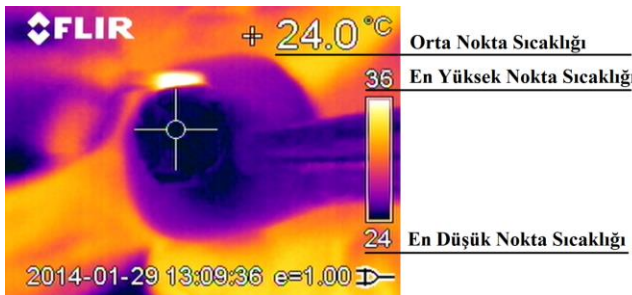
Kumanda Araçları: Ekran üzerindeki kumanda araçları ile çeşitli elektronik

ayarlamalar yapılabilir ve termal görüntü düzenlenebilir (20).

Veri Depolama Araçları: Termal görüntüleri ve ilişkin verileri bulduran elektronik sayısal dosyalar, elektronik hafıza kartları veya depolama ve transfer cihazlarında saklanır (20).

Veri İşleme ve Rapor Oluşturma Yazılımı: Termal görüntüleme sistemleri ile birlikte kullanılan yazılım; sayısal olan termal ve görülebilir ışıklı görüntüleri, çeşitli renk paletleri kullanılarak görüntülenebildikleri ve tüm radyometrik parametrelere ve analiz fonksiyonlarına daha ileri ayarlamaların yapılabildiği yer olan kişisel bilgisayara aktarır (20).

Normal kameralarda görüntü ışık sayesinde oluştururken termal kameralarda görüntü ısı sayesinde oluşur. Termal kameralarda kullanılan dedektörler çok küçük sıcaklık farklarını yakalayabilir (0.01°C gibi) ve bu farklılıktan görüntü oluştururlar. Resim 1'de termal görüntü ve termal görüntünün karakteristik nokta sıcaklıkları gösterilmektedir.



Resim 1. Termal görüntü ve termal görüntünün karakteristik nokta sıcaklıkları

Bununla birlikte, görüntü oluşturabildikleri belli bir sıcaklık aralığına sahiptirler. Her sıcaklık değerinde farklı IR yayılımı vardır ve her IR yayılımının farklı dalga boyuna sahip olmasından dolayı, dedektörler belli sıcaklık aralıklarında görüntü verebilirler. Dedektörlerin hassas olanlarının kullanılması çözünürlüğü arttırmaktadır. Optik-mekanik sistem ile alınan kızılötesi ışınlar sonucu dedektörlerde ısıl değişimler meydana gelir. Kameralara gelen ışık, ısıl değişimlere göre değerlendirilerek elektriksel sinyale çevrilir (20).

Sahip olduğu analiz yazılımları termal kameraları diğer görüntüleme cihazlarından ayıran en büyük özelliklerinden birisidir. Çekimi

yapılan objelere ait problemlerin tespiti analiz yazılımı sayesinde bilgisayar ortamında yapılabilir. Objelerin ortama göre farklılıkları veya eşdeğer noktaların birbirlerine göre farklılıkları tespit edilebilir ve bunlar belli formatlar haline getirilerek anlaşılır raporlar haline çevrilebilir. Çekimi yapılan objenin tipinin ne olduğu doğru girilir ise sonuçlar son derece hassas bir şekilde alınabilir. Her materyalin kızılötesi yayılımını bilmemiz bazen mümkün olmayabilir, ancak analiz yazılımı sayesinde doğada bulunan hemen hemen tüm materyal tiplerinin kızılötesi yayımları bulunabilir (20).

Termal Kameralarda Çözünürlük

Modern termal kameraların görüntüleri ve kullanımları normal kameralarla benzerlikler göstermektedir. Normal kameralarda görüntü sensörleri görünebilir ışıkları alabilecek şekilde tasarlanmışlardır, infrared ışığa karşı duyarlı değildirler. Bu yüzden birçok termal görüntüleme kamerası özellikle bu iş için üretilmiş görüntü sensörleri kullanılmaktadır (20).

Termal kameralarda yapısal farklılıkları olmasına rağmen normal kameralar gibi görüntü oluştururlar ve oluşturulan görüntünün çözünürlüğü analiz açısından önemlidir (20).

Termal Kameralarda Renkler

Termal kameralarla çekilen ısı fotoğrafları çok sıcak noktaları açık renkle, soğuk noktaları ise koyu renkle göstermektedir. Termal kameralar ortamı siyah-beyaz veya renkli gösterirler. Isı yayan nesnelere beyaz, arka zemin ise siyah görülür (Resim 2) (20).



(a) Gündüz görüş kamerası (b) Termal kamera
Resim 2. Gündüz görüş kamerası ile Termal kameraların karşılaştırılması (20)

Nesneleri renkli olarak gösterdiği fotoğraflarda ise renkler ortam sıcaklığına göre maviden sarıya doğru arada kırmızı rengi kullanarak geçiş gösterir. En soğuk bölgeleri mavi, en sıcak bölgeleri ise sarı renkte gösterir.

Fotoğraflar olağanüstü bir renk tayfına sahiptir ve böylelikle sıcak ve soğuk bölgeler tamamen belirgin durumdadır. Sıcak renkler (sarı, turuncu, kırmızı) sıcak bölgeleri, soğuk renkler (yeşil, mavi) ise soğuk bölgeleri temsil etmektedir (20).

Termal Kameraların Çalışma Prensibi

Hedeften yayılan IR enerji özel IR mercekler tarafından toplanarak dönen bir ayna üzerine düşürülür ve bu ayna, IR radyasyonu, dedektör üzerine düşürür. Dedektör üzerine düşen enerji dedektör yüzeyinden elektron sökülmesini sağlar ve böylece ışık, elektrik sinyaline dönüştürülmüş olur. Bu elektrik sinyalleri LED dizini üzerine düşürülerek görünür ışığa dönüştürülür. Gelen IR sinyalinin şiddetine bağlı olarak görünür ışığın şiddeti değişir. Çeşitli optik aparatlar kullanılarak LED dizininin çıkışı film üzerine kaydedilir veya televizyon kamerası yardımıyla gerçek görüntüye dönüştürülür (20).

Termal Görüntülerde Odaklama

Kamera odaklamasının verimliliği görüntünün kalitesini belirler. Odaklama elle veya otomatik olarak ayarlanabilir. Optik, düzgün sonuçlar elde edilecek şekilde ayarlanmalıdır ve kullanıcı uygun odak pozisyonuna karar vermelidir (20).

Termal Kameraların Diş Hekimliğinde Kullanımı

Termal kameralar, 1960'lardan beri zaman zaman akademik ve bilimsel araştırmalarda kullanılmaktadır (21). Termal kameraların avantajı, geniş bir yüzey alanı üzerinde sıcaklık ölçme yeteneği olması ve özel yazılım paketleri ile aşırı sıcak noktaların ölçümünü ve belirlenmesini sağlamalarıdır. Ayrıca, sıcaklık değişimini renkli sunan gerçek zamanlı video görüntüsü elde etmek mümkündür. Ancak, ekipman maliyetleri, eski cihazlardaki duyarlılık ve görüntü işleme eksikliği nedeniyle diş hekimliği alanındaki kullanımı kısıtlı olmuştur. Günümüzde, teknik gelişmeler ve görüntü işleme uygulamaları doğrultusunda, modern ekipmanlar 0.1°C'lik değişimleri kaydedecek yeterlilikte hassastır ve görüntü işleme yazılımı ile termoloji alanında yüksek kullanım alanı vardır. Sistem, özellikle

geçmişte in vitro yapılan araştırmaların, in vivo araştırmalarında kullanışlıdır (22).

Hussey ve arkadaşları (22), infrared termografinin rezin kompozit restorasyonların polimerizasyonu sırasındaki termal değişimlerini in vivo olarak ölçülebilirliğini kanıtlamak amacıyla yaptıkları çalışmalarında, ölçülen ısı artış oranının kompozit polimerizasyonu sırasında pulpanın tehlikede olduğunu gösterebildiğini ve infrared termografinin in vivo olarak restoratif rezin kompozit polimerizasyonundaki ısı değişimini ölçmede uygun bir araç olduğunu rapor etmişlerdir.

Aksakallı ve arkadaşları (13) yaptıkları çalışmada, rezin kompozit materyalinin polimerizasyonu için farklı ışık kaynakları ve farklı ışık ucu mesafeleri uygulanarak ışınlama yapıldığında yüzey ısısının artışı termal kamera kullanarak değerlendirmişler ve ortodontik braket yapıştırma sırasında uzun ışınlama sürelerinin sıcaklık artışına neden olduğunu, kısa ışık ucu-diş yüzeyi mesafesi sıcaklığın daha fazla artmasına yol açtığını, ışık yayan diyotların (LED) tedavi üniteleri yüksek kuvars-tungsten-halojen (HQTH) birimlerinden daha fazla sıcaklık artışına neden olduklarını rapor etmişlerdir.

Termal kamera benzer olarak, Mc Cullagh ve arkadaşları tarafından (11), kök kanal tedavisi sırasında pulpadaki sıcaklık değişimini incelemek amaçlı, Hussey ve arkadaşları tarafından (23) post yeri hazırlanması sırasında kök yüzeyinde oluşan ısı değişimini incelemek amaçlı kullanılmıştır.

Ortodontik braketleri koparma yöntemlerinden biri olan Electro Termal Debonding (ETD), geleneksel mekanik yöntemle kıyasla pulpada çeşitli termal zararlar oluşturmak gibi birçok dezavantaja sahiptir. Cummings ve arkadaşları 1991 yılında, çekilmiş insan premolar dişleri üzerinde ETD uygulayarak bir in vitro çalışma yapmışlardır. Yapılan termal görüntüleme analizinde pulpal sıcaklığın pulpa vitalitesine ciddi tehlike oluşturabilecek şekilde 16.80°C-45.60°C arası artış gösterdiğini rapor etmişlerdir. Bu çalışmadan, ETD uygulaması sırasında pulpanın zarar görmesini önlemek amacıyla termal görüntüleme ile eş zamanlı olarak dişin aralıklı olarak soğutulması gerektiği çıkarılabilir (24). Benzer şekilde kavite hazırlığı sırasında çok yüksek hızda döner alet kullanmak da pulpada ciddi termal hasarlara neden olabilir. Bunu önlemek amacıyla çeşitli soğutma

tekniklerinin (hava-su spreji veya sadece hava ya da su spreji) intrapulpal sıcaklığı düşürmek ve pulpanın zarar görmesini önlemek amacıyla kullanılmaktadır. 1979 yılına kadar sadece, Carson ve arkadaşları, bir nokta ısı kaynağı olup olmadığını belirlemek için, ultra-hızlı kavite hazırlanması sırasında hava-su spreji kullanarak ve sadece hava soğutması uygulayarak ısı dağılım ve yayılım modelini belirlemek amacıyla termografi kullanarak bir çalışma yapmışlardır (25). Bu çalışmada her iki soğutmada da ısı artış miktarının (2.8°C ve 3.67°C) pulpanın fizyolojik sınırlarını aştığını belirtmişlerdir.

Termokupllar

Sıcaklık ölçüm yöntemleri arasında elektronik dünyanın en çok kullandığı sensörlerden birisi termokupldır (26). Termokupl, iki metal çiftin bir araya getirilmesi ile oluşturulan basit bir sıcaklık ölçü elemanıdır. Geniş bir çalışma aralıkları vardır. Soy metal alaşımlarından yapılmış olan termokupllar 1700°C'ye kadar olan sıcaklıkların ölçümü için kullanılabilirler (27).

Termokupllar iki farklı metal veya alaşım tel olmalarına rağmen, çeşitli mekanik darbeler, fiziksel ve kimyasal aşındırıcı özellikler göz önüne alınarak belli özel koruyucu kılıflar içinde kullanılırlar. İki farklı eleman teli farklı kutuplarda oldukları için birbirlerinden izolator yardımı ile izole edilirler. İzolasyon için seramik izolatörler kullanılır. Bu izolatörler, sıcaklık limitlerine ve ortam şartlarına göre seçilirler. Genellikle KER 610 olarak bilinen özel porselen izolatörler çok yaygınca kullanılmaktadır (26).

Bakır-Kostantan, Demir-Konstantan, Kromel-Alümel, Platin Rodyum-Platin, piyasada en çok kullanılan termokupl telleridir (27). -200°C'den 2320°C'ye kadar çeşitli sıcaklık aralıklarında en çok kullanılan DIN 43710 ve IEC 584 adlı standart termokupl eleman teli çeşitleri şöyledir:

- Cu-Const (Bakır-Konstantan)
- Fe-Const (Demir-Konstantan)
- Cr-Al (Kromel-Alümel)
- NiCr-Ni (Nikelkrom-Nikel)
- Nikrosil-Nisil (Nikelkrom Silikon-Nikelsilikon magnezyum)
- Pt%10Rh-Pt (Platin Rodyum-Platin (% 10))
- Pt%13Rh-Pt (Platin Rodyum-Platin (% 13))

-Pt % 18Rh-Pt (Platin Rodyum-Platin (% 18))

-Tn-Tn % 26 Re (Tungsten-Tungsten % 26 Renyum) (26).

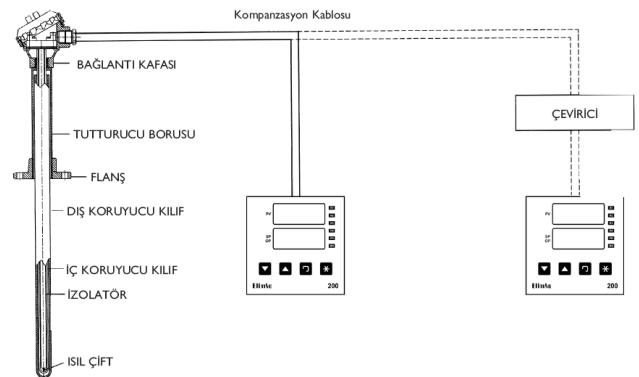
Çeşitli termokupl tipleri ve sıcaklık limitleri Çizelge 1'de verilmektedir.

	DIN 43710	DIN 43710 IEC 584	SICAKLIK ARALIĞI	
1) Cu-Const	U	T	-200	÷ 300 °C
2) Fe-Const	L	J	-200	÷ 800 °C
3) Cr-Al		K	-200	÷ 1200 °C
4) NiCr-Ni		K	-200	÷ 1200 °C
5) Cr-Const		E	-200	÷ 1200 °C
6) Nikrosil-Nisil		N	0	÷ 1200 °C
7) Pt%10Rh-Pt		S	0	÷ 1500 °C
8) Pt%13Rh-Pt		R	0	÷ 1600 °C
9) Pt%18Rh-Pt		B	0	÷ 1800 °C
10) Tn-Tn%26Re		W	0	÷ 2000 °C

Çizelge 1. Çeşitli termokupl tipleri ve sıcaklık limitleri (26)

Termokupl tellerinin dayanabileceği sıcaklık limitleri, tel çapına bağlıdır. Çap kalınlaştıkça çıkabileceği maksimum sıcaklık arttığı gibi, kalın çaplı tel inceye nazaran daha uzun ömürlü olabilecektir. Cu-Const, Fe-Const, NiCr-Ni gibi termokupl telleri 0.5 mm, 1 mm, 1.6 mm, 2 mm, 3 mm gibi çaplarda üretilirken PtRh-Pt termokupl telleri en kalın 0.5mm çapta olabilmekte, yaygın kullanılan çap 0.35 mm olmaktadır (26).

Termokupllar dış koruyucu kılıfı, bağlantı parçaları, telleri, izolatörleri, bağlantı kafası, tutturucu borusu ve çeşitli aksesuarları ile bir bütündür. Şekil 3'de bir termokuplın tüm parçaları ile set hali gösterilmiştir (26).



Şekil 3. Komple termokupl seti (26)

Termokuplların Diş Hekimliğinde Kullanımı

Termokupllar diş hekimliğinde daha çok lazerler veya elmas enstrümanlar ile (28) ile yapılan kavite preparasyonları sırasındaki (28, 29) ve kompozit materyallerin ışık aktivasyonu ile polimerizasyonundaki ısı artışını ölçmek için kullanılmaktadır (1, 12, 30-33).

Malkoç ve arkadaşları (12) ortodontik bonding sırasında kullanılan farklı ışın kaynaklarının diş pulpasında oluşturduğu ısı değişimini termokupl tekniğini kullanarak incelemişler ve ışınlama prosedürünün ısı değişimine neden olduğunu ve halojen ışın kaynaklarının LED ve plazma ark ışın kaynaklarına kıyasla daha önemli derecede yüksek pulpal ısı değişimine neden olduğunu rapor etmişlerdir.

Uysal ve arkadaşları (34), farklı adeziv temizleme prosedürleri sırasında pulpada oluşan ısı değişimini termokupl tekniği ile inceledikleri çalışmalarında tungsten karbit frezle yüksek devirde ters açılı el aleti ile su soğutmasız yapılan temizlemedeki ısı artışının pulpal sağlık için kritik olan 5.5°C'yi aştığını rapor etmişlerdir.

Baysal ve arkadaşları (35), farklı stripping tekniklerinde pulpada oluşan ısı değişimini incelemek amacıyla termokupl tekniğini kullanmışlar ve tungsten karbit frez kullanılarak yapılan tüm tekniklerde daha fazla ısı artışı olduğunu rapor etmişlerdir. Benzer olarak d'Ornellas Pereira ve arkadaşları (36) da farklı stripping tekniklerinde pulpada oluşan ısı değişimini incelemek amacıyla yaptıkları çalışmalarında çift yüzlü stripping disk kullanılan grupta en yüksek ısı artış değerleri görüldüğünü rapor etmişlerdir.

Öztürk ve arkadaşları (37), in vivo ortamda perfore dişlere uygulanan restorasyon prosedürlerini in vitro ortamda taklit ederek restoratif materyallerin polimerizasyonları esnasında oluşan ısı artışını ölçmek amacıyla yaptıkları çalışmalarında termokupl tekniğini kullanmışlar ve dişhekimlerinin derin kavitelere farklı ışık kaynaklarıyla adeziv materyallerin ışıkla polimerizasyonu esnasında oluşabilecek ısı yükselmelerinin diş pulpasına olabilecek zararlı etkilerinin farkında olmaları gerektiğini rapor etmişlerdir.

Termokupllar diş hekimliğinde ayrıca, seramik restorasyonlarda farklı rezin kompozit polimerizasyonlarındaki ısı değişimlerinin (38, Cilt / Volume 17 · Sayı / Number 1 · 2016

39), dentine pin uygulanması sırasında meydana gelen ısı değişimlerinin (40), post yüzeyi hazırlanması sırasında kök yüzeyindeki ısı değişimlerinin (23), beyazlatma işlemi sırasındaki ısı değişimlerinin (41, 42) belirlenmesi gibi çeşitli çalışma alanlarında kullanılmaktadır.

Tartışma

Termal Kamera ile Termokupl Karşılaştırması

Literatür incelendiğinde termal kamera ve termokuplın karşılaştırılması incelendiği çok az sayıda çalışmaya rastlanılmıştır.

Fernandes ve arkadaşları (43), egzersiz sırasında insan vücudunda meydana gelen ısı değişimlerini termokupl ve termal kamera yöntemlerini kullanarak inceledikleri çalışmalarında, bu iki yöntemin egzersiz öncesinde, esnasında ve sonrasında çok az uyum gösterdiklerini ve zayıf güvenilirlikte olduklarını, egzersiz sırasında termokupl daha yüksek değerler gösterirken, diğer durumlarda termal kamera daha yüksek değerler gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Mc Cullagh ve arkadaşlarının (11) kanal tedavisinde kök yüzeyindeki ısı değişimini termokupl ve termal kamera ile inceledikleri çalışmalarında, termal kameranın termal değişimlerin analizinde ve maksimum sıcaklık noktalarını belirlemede kullanışlı bir metod olduğunu ve termal kameralarda, analizin doğruluğundan emin olmak için spesifik yüzeylerde net kalibrasyon gerektirmekte olduğunu rapor etmişlerdir.

Hussey ve arkadaşları (23), post yeri hazırlanması sırasında kökteki ısı değişimini inceledikleri çalışmalarında, termokupl ölçümleri IR ölçümlerine göre daha düşük değerler bulduğunu rapor etmişlerdir.

Termal kameranın avantajı, geniş bir yüzey alanı üzerinde sıcaklık ölçme yeteneği olması ve özel yazılımlar ile aşırı sıcak noktaların ölçümünü ve belirlenmesini sağlamasıdır. Ayrıca, sıcaklık değişimini renkli sunan gerçek zamanlı video görüntüsü elde etmek mümkündür. Ancak, ekipman maliyetleri, eski cihazlardaki duyarlılık ve görüntü işleme eksikliği nedeniyle diş hekimliği alanındaki kullanımı kısıtlamaktadır.

Termokuplların da yıldır kullanılmalarına rağmen bazı dezavantajları vardır (11, 44, 45).

Termokupllar sadece yüzeyde temas ettiği bölgenin değerlerini ölçer ve termokupl uçları operasyon basamakları sırasında kolaylıkla objeden ayrılabilir (44).

Dişlere dış yüzeyden uygulanan işlemler sırasındaki ısı değişimi mine ve dentini geçerek pulpaya ulaşıncaya kadar bir miktar absorbe olur. Bu durum minenin dış yüzeyindeki ısı değişimini belirleyen termal kamera ölçümlerinin, iç yüzeyden ölçüm yapan termokupla kıyasla daha yüksek olmasına neden olabilir.

Isı ölçümünün in vitro yapıldığı çalışmalardaki deney dizaynı, pulpa bölgesindeki kan sirkülasyonunun ve dentin tübüllerindeki sıvı akışının ısı iletimine etkisini değerlendirememektedir. Bu da ölçülen ısı değerlerinin gerçeğe kıyasla daha yüksek olmasına neden olabilir. Ek olarak, in vivo çevresel periodontal dokular ısı iletimine etki edebilir, intrapulpal ısı artışını sınırlayabilir.

Sonuç

Dişlerde meydana gelen ısı değişimleri tüm diş hekimliğini ilgilendirmektedir. Dental işlemler sırasında ısı değişim miktarı dişlerin sağlığı açısından kritik değer olan 5.5°C'yi aşmamalıdır. Bu ısı değişiminin incelenmesine yönelik literatürde daha çok termokupl kullanımı yaygın olmakla birlikte termal kamera kullanılarak yapılabilecek olan özellikle in vivo çalışmalara ihtiyaç vardır.

Kaynaklar

- Hannig M, Bott B. In-vitro pulp chamber temperature rise during composite resin polymerization with various light-curing sources. Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials. 1999;15(4):275-81.
- Brown WS, Dewey WA, Jacobs HR. Thermal properties of teeth. Journal of dental research. 1970;49(4):752-5.
- McGuckin RS, Tao L, Thompson WO, Pashley DH. Shear bond strength of Scotchbond in vivo. Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials. 1991;7(1):50-3.
- Robinson HBG, Lefkowitz W. Operative dentistry and the pulp. The Journal of prosthetic dentistry. 1962;12(5):985-1001.
- Langeland K, Langeland LK. Pulp Reactions to Crown Preparation, Impression, Temporary Crown Fixation, and Permanent Cementation. The Journal of prosthetic dentistry. 1965;15:129-43.
- Nyborg H, Brannstrom M. Pulp reaction to heat. The Journal of prosthetic dentistry. 1968;19(6):605-12.
- Zach L, Cohen G. Pulp response to externally applied heat. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1965;19(4):515-30.
- Schubert L. Temperaturemessungen im zahn während des schleif-und bohrvorgangs mittels des lichtsichgalvanometers. Zahn Welt. 1957;58:768.
- Hand RE, Huget EF, Tsaknis PJ. Effects of a warm gutta-percha technique on the lateral periodontium. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1976;42(3):395-401.
- Dollard WJ, Sabala CL, Pelleu GB. Root-Canal Temperature During Obturation With The Mcspadden Compactor Technique. Journal of dental research. 1983;425:216-9.
- Mc Cullagh JJP, Setchell DJ, Gulabivala K, Hussey DL, Biagioni P, Lamey PJ, et al. A comparison of thermocouple and infrared thermographic analysis of temperature rise on the root surface during the continuous wave of condensation technique. Int Endod J 2000;33(4):326-32.
- Malkoc S, Uysal T, Usumez S, Isman E, Baysal A. In-vitro assessment of temperature rise in the pulp during orthodontic bonding. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics. 2010;137:379-83.
- Aksakalli S, Demir A, Selek M, Tasdemir S. Temperature increase during orthodontic bonding with different curing units using an infrared camera. Acta odontologica Scandinavica. 2014;72(1):36-41.
- Ring EF. The historical development of thermal imaging in medicine. Rheumatology (Oxford). 2004;43(6):800-2.
- Desai UB, editor Infrared detectors. M tech credit seminar report, Electronic System Group, EE Dept, IIT Bombay; 2004.
- Burnay SG, Williams TL. Applications of thermal imaging. Bristol. Adam Hilger; 1988.
- Marr CM. Microwave thermography: a non-invasive technique for investigation of injury of the superficial digital flexor tendon in the horse. Equine Vet J. 1992;24(4):269-73.
- Eddy AL, Van Hoogmoed LM, Snyder JR. The role of the thermography in the management of equine lameness. Vet J. 2001;162(3):172-81.
- Rogalski A, Chrzanowski K. Infrared devices and techniques. Optoelectronics Review. 2002;10(2):111-36.
- Çalışan M. Termal Kamera Görüntülerinin İyileştirilmesi. Doktora tezi Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 2013.
- Williams KL. Thermography in the diagnosis of varicose veins and venous insufficiency. Bibl Radiol. 1969;5:127-29.
- Hussey DL, Biagioni PA, Lamey PJ. Thermographic measurement of temperature change during resin composite polymerization in vivo. J Dent. 1995;23(5):267-71.
- Hussey DL, Biagioni PA, McCullagh JJP, Lamey PJ. Thermographic assessment of heat generated on the root surface during post space preparation. Int Endod J. 1997;30(3):187-90.
- Cummings M, Biagioni P, Lamey P, Burden D. Thermal image analysis of electrothermal debonding of ceramic brackets: an in vitro study. Eur J Orthod. 1991;21:111-18.
- Carson J, Rider T, Nash D. A thermographic study of heat distribution during ultra-speed cavity preparation. Journal of dental research. 1979;58:16-81.
- Elimko. Termokupllar ile ilgili genel bilgiler: Elimko Ltd.Şti. Available from: <http://www.elimko.com.tr/tr/urunlerimiz/genel-katalog#>.
- Artaç N, Uzun T. LabVIEW ile Mikrodenetleyicili Bir Endüstriyel Otomatik Sıcaklık Kontrol Sistemi. Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu. 2011:254-58.
- Oelgiesser D, Blasbalg J, Ben-Amar A. Cavity preparation by Er-YAG laser on pulpal temperature rise. Am J Dent. 2003;16:96-8.
- Fors U, Jonasson E, Berquist A, Berg JO. Measurements of the root surface temperature during thermo-mechanical root canal filling in vitro. Int Endod J. 1985;18(3):199-202.
- Ottl P, Lauer HC. Temperature response in the pulpal chamber during ultrahigh-speed tooth preparation with diamond burs of different grit. The Journal of prosthetic dentistry. 1998;80(1):12-9.

31. Oesterle LJ, Newman SM, Shellhart WC. Rapid curing of bonding composite with a xenon plasma arc light. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics.* 2001;119(6):610-6.
32. Ulusoy C, Irmak O, Bagis Y, Ulusoy Atasoy O. Temperature rise and shear bond strength of bondable buccal tubes bonded by various light sources. *Eur J Orthod.* 2008;30(4):13-17.
33. Cantekin K, Buyuk SK, Delikan E, Peduk K, Demirbuga S. Pulp chamber temperature increase from curing light units: an in vitro study. *Journal of dentistry for children (Chicago, Ill).* 2014;81(3):128-32.
34. Uysal T, Eldeniz AU, Usumez S, Usumez A. Thermal changes in the pulp chamber during different adhesive clean-up procedures. *Angle Orthod.* 2005;75(2):220-5.
35. Baysal A, Uysal T, Usumez S. Temperature rise in the pulp chamber during different stripping procedures. *Angle Orthod.* 2007;77:478-82.
36. d'Ornellas Pereira JC, Jr., Weissheimer A, de Menezes LM, de Lima EM, Mezomo M. Change in the pulp chamber temperature with different stripping techniques. *Progress in orthodontics.* 2014;15:55.
37. Ozturk B, Usumez A, Ozturk N, Ozer F. In vitro assessment of temperature change in the pulp chamber during cavity preparation. *The Journal of prosthetic dentistry.* 2004;91:436-40.
38. Yondem I, Altintas S, Usumez A. Temperature rise during resin composite polymerization under different ceramic restorations. *European journal of dentistry.* 2011;5:305-9.
39. Ramoglu SI, Karamehmetoglu H, Sari T, Usumez S. Temperature rise caused in the pulp chamber under simulated intrapulpal microcirculation with different light-curing modes. *Angle Orthod.* 2014.
40. Barkmeier W, Cooley R. Temperature change caused by reducing pins in dentin. *The Journal of prosthetic dentistry.* 1979;41:630-33.
41. Klaric E, Rakic M, Sever I, Tarle Z. Temperature rise during experimental light-activated bleaching. *Lasers in medical science.* 2015;30(2):567-76.
42. Sari T, Celik G, Usumez A. Temperature rise in pulp and gel during laser-activated bleaching: in vitro. *Lasers in medical science.* 2015;30(2):577-82.
43. Fernandes Ade A, Amorim PR, Brito CJ, de Moura AG, Moreira DG, Costa CM, et al. Measuring skin temperature before, during and after exercise: a comparison of thermocouples and infrared thermography. *Physiological measurement.* 2014;35(2):189-203.
44. Weller RN, Jurcak JJ, Donley DL, Kulild JC. A new model system for measuring intracanal temperatures. *Journal of endodontics.* 1991;17(10):491-4.
45. Loney RW, Price RB. Temperature transmission of high-output light-curing units through dentin. *Operative dentistry.* 2001;26(5):516-20.