

AĞIZ İÇERİSİNDEKİ SICAKLIK DEĞİŞİMLERİNİN DENTAL RESTORASYONLARIN BAŞARISIZLIKLARINDAKİ ROLÜ*

THE ROLE OF TEMPERATURE CHANGES WITHIN THE ORAL CAVITY IN CLINICAL FAILURE OF DENTAL RESTORATIONS

Ferhan EĞİLMEZ¹

Işıl ÇEKİÇ-NAGAŞ²

Gülfem ERGÜN³

ÖZET

Soğuk-sıcak yiyecekler ve içecekler nedeniyle oral kavite termal bir irritasyona maruz kalmaktadır. Metal ve metal olmayan dental restoratif materyaller ile diş dokularının ısı iletkenlik özellikleri ve ısıl genleşmeleri belirgin olarak birbirinden farklıdır. Diş dokuları ve restoratif materyaller ağızda oluşan sıcaklık artışı veya azalması ile genleşmekte veya büzülmedirler. Pek çok çalışmada, ağızda oluşan sıcaklık değişimlerinin, farklı ısıl genleşme katsayılarına sahip restoratif materyallerle restore edilen dişlerde ısıl stresler oluşturduğu gösterilmiştir. Aynı zamanda, bu stresler, materyallerin kendi içinde veya materyaller arasında kırıklara veya kenar sızımlarına neden olabilmektedir. Bu nedenle, farklı ısıl genleşmeler ve büzölmelerin neden olduğu iç stresler klinik olarak önemlidir.

Bu çalışmanın amacı, ağızda oluşan sıcaklık değişimleri nedeniyle dental restorasyonlar ve diş dokularında oluşan ısıl streslerin ve ısıl dağılımın irdelendiği çalışmalar değerlendirilerek, bu streslerin, restorasyonların klinik başarısızlığındaki etkilerini ortaya koymaktır.

Anahtar Kelimeler: Isıl stres, dental restorasyon, klinik başarısızlık

SUMMARY

The oral cavity is subjected to thermal irritation from hot and cold foods and beverages. Thermal conductivity and thermal expansion of nonmetallic restorative materials, metal, and tooth structures are significantly different. Tooth structures and restorative materials expand or contract with the increase or decrease of temperature in the mouth. In many studies, it was shown that temperature changes in the oral cavity is responsible for the thermal stresses in the restorative materials and the tooth structures when restorative materials that have different thermal expansion coefficients were used. In the same time, these stresses may cause fracture of the dental structure or leakage of the restoration. Therefore, internal stress caused by different thermal expansions and contractions is clinically important.

The aim of this study is to exhibit the effects of thermal stresses in clinical failure of the restorations by evaluating the studies about thermal stresses and temperature distribution occurred in dental restorations and tooth structures due to temperature changes in the oral cavity.

Key Words: Thermal stress, dental restoration, clinical failure

Makale Gönderiliş Tarihi : 29.06.2009

Yayına Kabul Tarihi : 22.03.2010

* Bu çalışma, 26-29 Nisan 2009 tarihleri arasında 11. Ege Bölgesi Diş Hekimleri Odaları Uluslararası Bilimsel Kongre ve Sergisi'nde bildiri olarak sunulmuştur.

¹ Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Dr.

² Hacettepe Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Diş Protez Bölümü, Dr.

³ Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Doç. Dr.

Ağız içerisinde meydana gelen sıcaklık değişimlerinin diş dokularına ve dental restorasyonlara etkisi pek çok araştırmacı için uzun yıllardır irdelenen bir konu olmuştur. Diş dokuları ve restoratif materyaller sıcak yiyeceklerin ağza alınmasıyla genişirken, soğuk yiyeceklerin ağza alınması sonucu büzülmetedir³⁶. Metalik ve metal olmayan dental restoratif materyaller ve dentinin ısı iletkenlik ve ısısal genişmeleri birbirlerinden belirgin olarak farklıdır. Diş dokuları ve restoratif materyallerin ısısal iletkenlik ve ısısal genişme katsayılarının farklı olması sonucu restore edilmiş dişlerde ısısal streslerin meydana geldiği belirtilmiştir^{35,36}.

Sıcaklık değişimlerinin oluşturduğu sıcaklık farkı, malzemenin termal gerilim katsayısına bağlı olarak cisimde üniform bir zorlamaya yol açmaktadır. Bununla birlikte sıcaklık değişimlerinin, kesme tipi gerilmelere yol açmadığı bildirilmiştir¹⁵. Farklı sıcaklıklar ve farklı ısısal genişme katsayıları ile oluşan hacimsel ısısal genişmeler sonucu artan gerilmeler, diş yapısında çatlak ve kırıklara veya restorasyonlarda kenar sızıntılarına neden olabilmektedir³⁶. Bu yüzden farklı ısısal genişmeler ve büzülme klinik olarak önemlidir.

Isı transferi bilimi, teori ve uzun yıllar süren deneysel gözlemlere dayanır. Isı transfer analizleri temel olarak fizik kanunlarıyla ilgilidir¹⁹. Isı iletim mekanizması oldukça karışık olan ısı değişimi veya enerji dönüşüm sistemidir⁹.

Bazı çalışmalarda, ağız içerisinde oluşan en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri belirlenmeye çalışılırken pek çok çalışmada da bu sıcaklıkların neden olduğu ısısal stres değerleri ve bu streslerin diş dokuları ve dental restorasyonlara etkisi incelenmiştir^{12,17,21,25,27,30,33,36}.

Palmer ve arkadaşları²⁷ doğal diş yüzeyinde meydana gelen en yüksek ve en düşük sıcaklıkları saptamak amacıyla 13 deneğin alt çene dişlerinin santral fossalarına ve üst çene dişlerinin palatal yüzeylerine ısı çift ısı ölçerler (thermocouple) yerleştirmişlerdir. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada diş yüzeyinde oluşan uç sıcaklık değerlerini 0°C ve 67°C olarak saptamışlardır.

Barclay ve arkadaşları⁶, 18-24 yaş aralığındaki 60 diş hekimliği öğrencisi ile yaptıkları çalışmada de-

neklerden 90°C sıcaklıktaki çay veya kahveyi ve 1°C sıcaklıktaki buzlu suyu içmelerini istemişlerdir. Deneklere kişisel PVC splintler hazırlanmış ve bu splintlere ağız içerisinde oluşan sıcaklıkları tespit etmek amacıyla ısı dirençler (thermistör'ler) diş ipi ile bağlanmıştır. Bu çalışmada dişlerin çevresinde oluşan en fazla sıcaklığın 70°C, en az sıcaklığın ise 0°C olduğunu bulmuşlardır.

Oral kavitede bulunan dokuların ısısal analizlerinin yapıldığı veya restoratif işlemlerin diş dokularında oluşturduğu ısı etkilerinin incelendiği pek çok çalışmada oral kavitenin başlangıç sıcaklığı 36-37°C olarak kabul edilmiş ve ağız içerisinde oluşan uç sıcaklık değerleri göz önünde bulundurularak analizler değerlendirilmiştir^{12,34-36}.

Isısal Streslerin Değerlendirilmesi

Isısal değerlendirme; malzemenin yapısında sıcaklıktan ya da benzer şartlardan dolayı oluşan iç zorlanmaların etkisinin hesaplanması esasına dayanır^{9,19}. Termal hesaplama, malzemelerin sıcaklıklarına göre dayanım, şekil ve boyutlarındaki değişimi hesaplayıp buna göre diğer elemanlar ve sistemlerle olan ilişkilerini ortaya koyar^{9,19}. Malzemelerin yüzeylerinde, köşelerinde, belirli noktalarındaki değişim ve sistemin ısı iletim katsayısı da hesaplanabilmektedir^{9,19}.

Dental sistemler oldukça karmaşık geometriye sahiptir. Bu nedenle dental sistemlerle ilgili problemlerin çözümü için sonlu elemanlar stres analiz yöntemi oldukça uygundur. Sonlu elemanlar stres analiz yönteminde tüm sistemin ağ yapısı, elemanları, düğümleri ve sınır koşulları oluşturularak problem çözülmektedir^{3,15}. Sonlu elemanlar stres analiz yönteminin, karmaşık dental sistemlerin *in vitro* ve *in vivo* koşullarda incelenmesinde standardizasyonun zor olması nedeniyle mekanik ve ısısal analizlerin gerçekleştirilmesinde kullanışlı bir yöntem olduğu bildirilmiştir^{3,15}.

Sonlu elemanlar stres analiz yöntemi, numerik bir yöntem olup problem, şekilsel fonksiyonlar kullanılarak çok daha küçük ve basit elemanlara ayrılmakta ve sonuç varyasyonel prensiplere dayanan matematiksel ifadelerle tespit edilmektedir. Bu yöntem kullanılarak yapılan pek çok çalışmada sonuçlar von Mises streslere göre değerlendirilmektedir^{4,20,22,28,29,35,37}. Çalışmalarda genellikle diş dokuları

ve restoratif materyallerin homojen (izotropik) olduğu kabul edilmiştir^{17,24,32,34,35,37}. Materyal biliminde “izotropi” sözcüğü, materyale özdeş mekanik özelliklerin; materyalin tüm kristal yapısında, her yönde aynı olması demektir. “Anizotropi” sözcüğü, zıt anlamda kullanılmaktadır. “Ortotropi” sözcüğü ise materyal biliminde, bir materyalin üç ortogonal yönde farklı mekanik özellikler ve farklı mukavemete sahip olması şeklinde tanımlanmıştır. Literatürde homojen özellik göstermeyen cam veya karbon fiber post gibi restoratif materyalleri ortotropik olarak tanımlayan çalışmalar da mevcuttur^{22,28}.

Diş dokuları ve restoratif materyaller, farklı ısısal özelliklere sahiptir. Genleşme ve büzülme davranışlarındaki farklılık, restoratif materyaller içinde ve materyaller arasında streslerin yoğunlaşmasına ve mikro hareketlere neden olabilmektedir. Bu durum ise diş yapısında çatlak ve kırıklara veya restorasyonlarda kenar sızıntılarına neden olabilmektedir³⁶. Bu yüzden farklı ısısal genleşmeler ve büzülme klinik olarak büyük önem taşımaktadır.

Soğuk ve Sıcak Gıdaların Alınmasıyla Oral Kavitede Oluşan Isısal Değişikliklerin Klinik Önemi

Literatürde çeşitli restoratif işlemler uygulanan dişlerde soğuk ve sıcak gıdaların alınmasıyla meydana gelen sıcaklık ve ısısal streslerin dağılımının incelendiği çalışmalar yer almaktadır.

Spierings ve arkadaşları³⁰, üç boyutlu sonlu elemanlar stres analiz yöntemiyle eksen simetrik diş modeli üzerinde sıcaklık ve ısısal stres dağılımını incelemişlerdir. Restore edilmemiş alt çene büyük azı dişte ve kalsiyum hidroksit siman, polimer modifiye çinkooksit öjenol siman, amalgam gibi farklı restoratif materyallerle restore edilmiş dişlerde 60°C sıcaklık uygulaması sonucu restoratif materyallerin pulpa üzerinde oluşturdukları etkileri değerlendirmişlerdir.

Toparlı ve arkadaşları³³, üç boyutlu sonlu elemanlar stres analizi yöntemi ile üst ikinci küçük azı dişte kompozit rezin, amalgam ve cam iyonomer siman kaide kullanarak 15°C ve 60°C sıcaklık uygulaması sonrası sıcaklık ve ısısal stres dağılımlarını değerlendirmişlerdir. En yüksek stres değişiminin dentin ve restoratif materyallerin arayüz bölgelerinde

görülmesini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, soğuk ve sıcak içeceklerin zaman içerisinde ısısal yorgunluğa neden olduğunu, bunun ise üzerinde durulması gereken önemli bir nokta olduğunu ifade etmişlerdir. Soğuk içeceklerin amalgam restorasyonda çekme tipi, kompozit restorasyonda basma tipi stresler oluşturduklarını, buna ilaveten sıcak içeceklerin kompozit restorasyonlarda çekme tipi stresler oluştururken amalgam restorasyonda basma tipi stresler oluşturduklarını bildirmişlerdir. Çekme tipi streslerin restorasyonlarda kırık oluşumu açısından önemli bir nokta olduğunu vurgulayarak soğuk içecekler karşısında kompozit restorasyonların amalgam restorasyonlardan daha avantajlı olduğunu, sıcak içecekler karşısında ise amalgam restorasyonların daha avantajlı olduğunu belirtmişlerdir. Diğer yandan ısısal etkilerin diğer mekanik etkilerle birlikte değerlendirilmeleri gerektiği de araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir.

Fenner ve arkadaşları¹², küçük azı dişte Sınıf 2 MOD kavite hazırlamış ve kompozit rezin ile restore edilmiş bir model üzerinde üç boyutlu sonlu elemanlar stres analiz yöntemiyle ısısal stres dağılımı analizi yapmışlardır. Analizde 60°C sıcaklık 10 s boyunca uygulanmış ve çalışma sonucunda özellikle interfasiyal bölgelerde 23 MPa’ya ulaşan stres değerleri saptamışlardır. Bu streslerin ise restorasyonda mikrokırıklara neden olabileceği, ısısal streslerin kümülatif etkileri değerlendirildiğinde ve özellikle dinamik yükler karşısında bu kırıkların büyüyerek restorasyonda başarısızlığa neden olabileceğini bildirmişlerdir.

Lenz ve Kessel²⁵, metal destekli porselen sisteminin üç boyutlu modelini oluşturarak metal alt yapı ile porselen arasında rezidüel ısısal streslerin yoğunlaştığı bölgeleri sonlu elemanlar stres analiz yöntemiyle değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında, yüklenme kuvvetleri arttıkça metal alt yapı ile porselen ara yüzeyinde kesme tipi kuvvetlerin arttığını, çekme tipi streslere karşılık ise termal basma tipi streslerin tampon görevi gördüğünü saptamışlardır.

Küçük’ün²¹ yaptığı bir çalışmada ise sağ üst kanin dişte 5 farklı metal alaşımı ile hazırlanan metal kronlar ve 7 farklı metal alaşımı ile hazırlanan metal destekli porselen kronlara 60°C sıcaklık uygulaması

sonucu restorasyonlarda ve dentinde oluşan ısıl dağılımlar incelenmiştir. Çalışma sonucunda en büyük sıcaklık değişiminin titanyum döküm kronunda, en az sıcaklık değişiminin ise altın döküm kronunda olduğu bulunmuştur. Metal destekli porselen kronlarda ise; Co-Cr-Mo ve Ni-Cr-Mo alt yapılar en yüksek sıcaklığa ulaşırken Au-Pt-Pd-Ag, Au-Pd-Ag, Au-Pd, Ag-Pd, Au-Pt alt yapılar benzer sıcaklıklara ulaşmışlardır.

Lee ve arkadaşları²³, farklı dentin bonding ajanlarının, hibrit tabakası ve adeziv rezin simanların ara yüzlerinde oluşan ısıl stresleri yine sonlu elemanlar stres analiz yöntemi ile incelemişlerdir. Yüksek stres yoğunluğunun hibrit tabakası ile rezin taglarını ve dentin tübüllerini içeren dentin bölgesinde bulunduğunu saptamışlardır. En yüksek stres yoğunluğunun ise dentin bölgesinin üst kısmında oluştuğunu, stres dağılımının hibrit tabaka ve dentinde eşit ve daha az olarak da rezin tagları ve adeziv rezin birleşiminde olduğunu bulmuşlardır. Lee ve arkadaşları²⁴'nin bir başka çalışmasında ise kompozit rezinlerde doldurucu-matriks ara yüzünde oluşan ısıl stresler sonlu elemanlar stres analiz yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bu çalışmada; ısıl streslerin en fazla doldurucularda, daha sonra arayüzde ve en son olarak kompozit matriksinde yoğunlaştığı; doldurucular yıkıma dirençli olduğundan, ısıl değişikliklerin kompozit matriks-doldurucu arayüzünde daha etkili olacağı sonucuna varmışlardır.

Güngör ve arkadaşları¹⁷'nin yaptıkları diğer bir çalışmada ise farklı tam seramik kronlarla restore edilen alt birinci küçük azı dişte 15°C ve 60°C sıcaklık uygulaması sonucu diş dokularında oluşan ısıl stresler üç boyutlu sonlu elemanlar stres analiz yöntemi ile incelenmiştir. Farklı tam seramik materyaller mine ve dentinde oluşturdukları ısıl stresler açısından karşılaştırılmıştır. Araştırmacılar, ısıl yorgunluk için gerilim streslerinin, gerilmeden daha etkin olduğunu belirtmişler, seramik materyalde kapiller çatlak veya mikropörözite varlığında gerilim streslerinin bu boşlukların büyümesine neden olabileceğini, farklı sıcaklıklardaki gıdaların alınmasıyla oral kavitenin sıcaklığının değişerek tam seramik restorasyonların ağızda kalma süresinin de kısalabileceğini ifade etmişlerdir. Tam seramik kronların üretilmesinde kullanılan materyaller için ısıl streslerin önemli olduğunu, bu restorasyonların başarısızlığında

materyalleri ısıl yorgunluk açısından da değerlendirmek gerektiğini bildirmişlerdir.

Drummond ve arkadaşları¹¹ karbon fiberle güçlendirilmiş rezin post, cam fiberle güçlendirilmiş rezin post ve zirkonyum postlarla yaptıkları *in vitro* bir çalışmada, post materyallerine 7-63°C ısıl döngü uygulamış ve fiberle güçlendirilmiş rezin postların seramik (zirkonyum) postlardan daha güçlü olduklarını, ısıl döngü uygulamasının fiberle güçlendirilmiş rezin postların bükülme direncini belirgin olarak azalttığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, çalışmalarının sonunda ısıl döngü uygulamasının materyallerin direncini ve klinik ömürlerini azalttığını ve zamanla restorasyonun başarısızlığına neden olacağını ifade etmişlerdir.

Dilmener ve arkadaşları¹⁰, 40 adet çekilmiş üst keser dişe paslanmaz çelik post/kompozit rezin kor, zirkonyum dioksit post/kompozit rezin kor ve zirkonyum dioksit post/seramik kor sistemleri yerleştirilmiş ve 5-55°C ısıl döngü uygulandıktan sonra zirkonyum post/kompozit rezin kor grubunda kırılma direncinin diğer gruplardan daha düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Cenci ve arkadaşları⁷ 180 çekilmiş kesici dişin bukkal ve palatinal yüzeylerinde hazırladıkları Sınıf V kavileri mikrohibrit kompozit, cam iyonomer siman ve amalgam ile restore etmişler ve 5-55°C ısıl döngü uygulayarak, ısıl döngü uygulamasının mikrosızıntıya etkisini araştırmışlardır. Isıl döngü uygulamasının amalgam restorasyonun marjinal uyumunu etkilediğini, cam iyonomer simanın ve kompozitin uyumunu ise ağız içerisinde var olmayan, aşırı sıcaklık ve süre gibi durumlarda etkileyebileceğini bildirmişlerdir.

Arola ve Huang¹, sonlu elemanlar stres analiz yöntemi kullanarak Sınıf II amalgam restorasyonla restore edilmiş bir büyük azı dişe, 0 ile 10 s arasında 5-55°C ısı uygulaması yaptıkları, mekanik ve termal etkilerin stres dağılımına etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında, restore edilen dişlerin karmaşık geometrilere sahip olduğunu ve çok bileşenli bir yapı gibi davranan bu sistemlerde sıcaklık ve ısıl streslerin büyük ölçüde yapının geometrisi ve materyallerin özellikleriyle ilişkili olduğunu vurgulamışlardır.

Feuerstein ve arkadaşları¹³ ağız içerisinde sıcak yiyeceklerle oluşan sıcaklık değişiminin implant-kemik arayüzündeki etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında, 14 diş hekimliği öğrencisi ve personelden oluşan deneklere 90°C sıcaklığında çay veya patates verilmiş ve ağızda oluşan en yüksek sıcaklık değerleri saptanmıştır. Daha sonra bu değerler kullanılarak, laboratuvarında sığır alt çenesine yerleştirilen implantların üstyapı, üstyapı-implant bağlantı bölgesi, implant gövdesi, implant-kemik arayüzü ve implantın apikal ucu gibi bölgelerinde oluşan sıcaklık değişimleri değerlendirilmiştir. Çalışmanın birinci bölümü sonunda ağızda oluşan en yüksek sıcaklık 76,31°C olarak ölçülmüş ve ikinci bölümü sonunda ise üst yapı, üst yapı-implant bağlantı bölgesi, implant gövdesi üzerinde 60°C'ye yakın sonuçlar elde edilmiştir. İmplant-kemik arayüzü ve implantın apikal ucu bölgelerinde ise sırasıyla 43,3 °C ve 42,1°C sıcaklıklar saptanmıştır. Araştırmacılar, 42°C ve üzeri sıcaklık değerlerinin kemikte geçici değişikliklere sebep olacağını ve dolayısıyla çok sıcak yiyeceklerin tüketilmesiyle ağız içerisinde oluşan sıcaklıkların peri-implant dokularda hasara yol açabileceğini ifade etmişlerdir.

Ormianer ve arkadaşları²⁶ sıcak içeceklerin implantlarda oluşturduğu sıcaklık değişimlerine etkisi ile ilgili yaptıkları bir çalışmada 7 deneye 300 ml, 75°C sıcaklığında çay içirmiş ve toplam 8 osseointegre implantı değerlendirmişlerdir. İmplantların üst yapısına, implantın iç yüzeyine ve implant-üst yapı birleşim bölgesine 3 adet thermocouple yerleştirmişlerdir. En fazla sıcaklık, üst yapıda 47,3°C, daha sonra implantın iç yüzeyinde 45,6°C ve en düşük, implant-üst yapı birleşim bölgesinde 44,6°C olarak saptanmıştır. Araştırmacılar, habitüel olarak çok sıcak yiyeceklerin tüketilmesiyle ağız içerisinde oluşan sıcaklıkların implant başarısızlığında rol oynayabileceğini ve bu tip alışkanlığı bulunan implant hastalarının implant tedavisinin başarısı açısından risk taşıdıkları konusunda bilgilendirilmeleri gerektiğini vurgulamışlardır.

Isısal streslerin post-kor restorasyonların başarısızlığı üzerindeki etkileri de çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Yang ve arkadaşları'nın³⁶, postların, diş dokuları ve restoratif materyallerde oluşturdukları sıcaklık dağılımı ve ısısal stres analizi

çalışmasında, metal postların karbon fiber posta göre daha fazla ısınıp soğuduğu ve bunun da materyaller arasındaki ısısal iletim katsayıları arasındaki farklılıkla paralel olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar bu çalışmada, dişler ve restoratif materyaller üzerinde, ağız içerisinde oluşan kuvvetlerin, ısısal değişikliklerle oluşan kuvvetlerden çok daha etkili olduğunu, meziodistal yönde oluşan streslerin ihmal edilebileceğini ve analiz yapılacak modelde bukkolingual kesitin kullanılabilirliğini bildirmişlerdir. Yang ve arkadaşları³⁶, diğer çalışmalarda metal olmayan restorasyonların düşük ısısal iletkenliklerinden dolayı dentine daha az ısı iletimine neden olduğu bildirildiği halde, kendi çalışmalarında metal olmayan post-kor materyallerin sement ve materyallerin ara yüzeylerinde ilave stresler oluşturduğunu ifade etmişlerdir.

Benzer şekilde Toparlı ve Sasaki³⁵'nin çalışmasında ise farklı metalik postlarda elde edilen sıcaklık dağılımlarının, ısısal iletim katsayıları arasındaki farklılıklara paralel olduğu bildirilmiştir.

Güngör ve arkadaşları¹⁷ da diğer çalışmalara benzer olarak, karmaşık yapı gösteren modellerde ısısal streslerin materyaller arasındaki yüzeylerde yoğunlaştığını ifade etmişlerdir. Isısal analizlerin yapıldığı diğer çalışmalarda da ısısal streslerin materyallerin ara yüzeylerinde yoğunlaştığı bildirilmiştir^{23-25,36}.

Araştırmalarda ısı uygulaması ile ilgili farklı süreler seçilmiştir. Güngör ve arkadaşları¹⁷ tam seramik restorasyonlarda sıcaklık ve ısısal stres dağılımını inceledikleri bir çalışmada restorasyonlar üzerine 1 sn 60°C ve 15°C ısı uygulaması gerçekleştirirken, Toparlı ve arkadaşları³², aynı sıcaklık dereceleri ve deney süresi boyunca Au-Pd ve Ni-Cr metal alt yapıya sahip porselen kronların oluşturdukları sıcaklık ve ısısal stres dağılımlarını değerlendirmişlerdir. Gerçekte sıvı ve katı besinlerin ağızda kalma süresi 1 sn'den fazla olabilmektedir. Yang ve arkadaşları³⁶, çalışmalarında, ısısal uyarının etkisinin incelenmesi için, bu uyarının ağızda en az 1 sn, en fazla ise 10 sn kalması gerektiğini bildirmişlerdir.

Restoratif İşlemlerde Kullanılan Cihazların Oral Kavitede Oluşturduğu Isısal Değişikliklerin Klinik Önemi

Ağız içerisinde besinlerin oluşturduğu sıcaklıkların yanı sıra diş kesimi, kavite preparasyonları, si-

manların veya restoratif maddelerin ekzotermik reaksiyonları, ışık cihazlarının veya diş hekimliğinde kullanılan lazer ünitelerinin oluşturduğu ısı da termal bir irritasyon oluşturmaktadır.

Araştırmacılar, pulpal sıcaklıktaki 5-15 °C'lik yükselmenin pulpal dokularda geri dönüşümsüz hasara neden olacağı görüşünde hemfikirlerdir¹⁶. Buna ilaveten görünür ışıkla aktive olan kompozitlerin oluşturduğu sıcaklığın pulpa odasında 42,5 °C' ye kadar ulaştığını ve bu sıcaklığın geri dönüşümsüz olarak pulpada hasara neden olabildiği de bildirilmiştir¹⁶.

Guirardo ve arkadaşları³¹'nin yaptıkları bir çalışmada, farklı dentin kalınlıkları ve farklı ışıkla polimerize olan kompozit restoratif materyaller kullanıldığında ışık cihazlarının dentinde oluşturduğu ısı değerleri araştırılmıştır. Bu çalışmada, 0,5 ve 1 mm kalınlığındaki dentin disklere ısıl çiftler bağlanmış ve 3 farklı kompozit restoratif rezin, geleneksel kuartz-tungsten-halogen (QTH), ışık yayan diyot (LED) ve plazma ark (PAC) ışık cihazları ile polimerize edilmiştir. QTH ışık cihazının, LED ve PAC ışık cihazlarına göre daha az ısı oluşturduğu, restoratif materyaller ve dentin kalınlığının sıcaklık artışında belirgin bir etkisi olmadığı, tüm gruplarda ışık cihazları ile oluşan ilk polimerizasyonda ortaya çıkan ısı miktarının, restoratif materyallerin 24 saatlik ilave polimerizasyonunda meydana gelen ısı oluşumundan belirgin olarak yüksek olduğu bildirilmiştir.

Benzer şekilde Bağış ve arkadaşları⁵ QTH, LED ve PAC ışık cihazlarının oluşturdukları ısı değerlerini ölçmüşlerdir. Çalışmalarında ısı değerleri, 10'ar saniyelik periyotlarla 40 s ışınlama süresi sonucunda 1 mm mesafeden ısıl çiftler ile ölçülmüştür. Araştırmacılar, ışınlama süresi arttıkça oluşan ısı değerlerinin arttığını, 10. s sonunda en az ısı oluşumunun QTH cihazında gözlendiğini, 10'ar saniyelik diğer periyotlarda elde edilen tüm değerler arasında en az ısı oluşumuna LED ışık cihazının neden olduğunu saptamışlardır. PAC ışık cihazının ise diğer gruplardan belirgin olarak yüksek ısı oluşturduğunu bildirmişlerdir.

Hoffmann ve arkadaşları¹⁸, QTH ve LED ışık cihazları kullanılarak polimerize edilen ışıkla aktive olan kompozitlerde polimerizasyon büzülmesi, ısı artışı ve sertliklerini değerlendirmişler ve polimerizasyon

sureince meydana gelen ısı artışının ışınlamadan kaynaklandığını ve QTH ışık cihazının oluşturduğu ısı artışının LED ışık cihazının oluşturduğundan belirgin olarak yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Asmussen ve Peutzfeldt'in² çalışmalarında ise silindirik şekilli kompozit rezin materyallerin yüzeylerine yerleştirilen ısıl çiftler aracılığı ile 20 s'lik ışınlama süresi sonunda QTH ve LED ışık cihazlarının oluşturduğu ısı artışı tespit edilmiştir. Araştırmacılar, LED ışık cihazlarında güç yoğunluğu arttıkça ısı oluşumunun arttığını, LED ışık cihazları ile aynı güç yoğunluğuna sahip iki QTH cihazının ise LED ışık cihazlarından daha fazla ısı oluşturduğunu saptadıklarını rapor etmişlerdir.

Diş hekimliğinde cerrahi ve restoratif işlemlerde kullanılan lazer ünitelerinin oluşturduğu ısı değişimleri de pek çok araştırmacı tarafından incelenen bir konu olmuştur.

Staninec ve arkadaşları³¹, CO₂ lazerin pulpada oluşturduğu ısı artışını değerlendirmek için çekilmiş dişlerde pulpa odasına ısıl çiftler yerleştirmişler ve su soğutması eşliğinde ve su soğutmasız olarak minede kesim yapıldığında oluşan ısı artışını karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar, su soğutmasız çalışıldığında pulpal ısı artışının 3.3±1.48°C, su soğutması altında çalışıldığında ise 1.7±1.68°C olarak tespit etmişlerdir. Bu değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu bildirilirken su soğutmasız çalışıldığı durumda bile pulpadaki ısı artışının güvenli aralıkta olduğu, dolayısıyla CO₂ lazerin pulpada ısı artışı yönünden güvenilir olduğu ifade edilmiştir.

Firoozmand ve arkadaşları¹⁴, yüksek hız ve yüksek torklu el aleti, yüksek hız ve düşük torklu el aleti ve Er:YAG (Erbium:Yttrium-Aluminum-Garnet) lazerin pulpada oluşturdukları sıcaklık artışını karşılaştırmışlardır. Çalışmada 30 adet çekilmiş sığır dişin dentin kalınlıkları 2 mm'ye indirilmiş ve el aletleri ve lazer ile 1,5 mm derinliğinde Sınıf V kavite açılmıştır. Pulpadaki ısı artışları ise pulpa odalarına yerleştirilen ısıl çiftler ile kaydedilmiştir. Çalışma sonunda yüksek hız ve yüksek torklu el aleti ile yüksek hız ve düşük torklu el aletinin pulpada oluşturduğu ısı artışının birbirine benzer şekilde olduğu, Er:YAG lazerin pulpada oluşturduğu ısı artışının ise belirgin olarak daha az olduğu saptanmıştır. Tüm

gruplarda pulpada oluşan ısı artışının 5,5 °C olan eşik değerinden düşük ısı artışına sebep olduğu bildirilmiştir.

Chiang ve arkadaşları⁸, CO₂ lazer uygulaması sonrası mine, mine-dentin birleşim bölgesi ve dentinin mikro yapısal değişikliklerini değerlendirdikleri bir çalışmada 30 adet çekilmiş alt çene 3. büyük azı diş kullanmışlar ve ısıl dağılımı tespit etmek amacıyla örneklere ısı transfer simülasyonu yapmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre enerji transfer mesafesi arttıkça sıcaklığın azaldığı, dentin bölgesinde, dentinin termal iletkenliğinin daha az olmasına bağlı olarak sıcaklıktaki azalmanın daha yavaş olduğu, mine-dentin birleşim bölgesinde daha fazla ısıl enerjinin biriktiği ve bu durumun dentin bölgesinde organik matriks ve suyun buharlaşarak minenin dentinden ayrılmasına sebep olduğu rapor edilmiştir.

SONUÇ

Zaman içerisinde tekrarlayan ısıl streslerin, materyallerin kendi içinde veya materyaller arasında kırıklara veya kenar sızıntılarına yol açarak restorasyonların klinik başarısızlıklarında rol oynayacağı araştırmacıların ortak görüşüdür. Isıl stresler, birçok faktöre bağlı olarak gelişen (restoratif materyallerin ve diş dokularının ısıl genleşme katsayılarının ve ısıl iletim özelliklerinin farklı olması, diş yapıları ve restorasyonların geometrisi, ısıl uyarının ağızda kalma süresi ve uygulanan restorasyonun tipi gibi) ve önemsenmesi gereken bir faktördür. Bununla birlikte dental restorasyonların başarısında, restoratif işlemler sırasında kullanılan cihazların pulpada ve biyolojik dokularda yüksek ısı oluşturma kapasiteleri de dikkate alınması gereken noktalardan biridir. Bu bilgilerin ışığında klinik uygulamalarda dental materyallerin ve restoratif işlemlerde kullanılacak cihazların seçiminde bu malzemelerin termal özellikleri değerlendirilerek seçimlerinin yapılması kritik bir önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

1. Arola D, Huang MP. The influence of simultaneous mechanical and thermal loads on the stress distribution in molars with amalgam restorations. *J Mater Sci Mater Med* 11: 133-140, 2000.

2. Asmussen E, Peutzfeldt A. Temperature rise induced by some light emitting diode and quartz-tungsten-halogen curing units. *Eur J Oral Sci* 113: 96-98, 2005.
3. Asmussen E, Peutzfeldt A, Sahafi A. Finite element analysis of stresses in endodontically treated, dowel-restored teeth. *J Prosthet Dent* 94: 321-329, 2005.
4. Ausiello P, Rengo S, Davidson CL, Watts DC. Stress distributions in adhesively cemented ceramic and resin-composite Class II inlay restorations: a 3D-FEA study. *Dent Mater* 20: 862-872, 2004.
5. Bagis B, Bagis Y, Ertas E, Ustaomer S. Comparison of the heat generation of light curing units. *J Contemp Dent Pract* 2: 065-072, 2008.
6. Barclay CW, Spence D, Laird WR. Intra-oral temperatures during function. *J Oral Rehabil* 32: 886-894, 2005.
7. Cenci MS, Pereira-Cenci T, Donassollo TA, Sommer L, Strapason A, Demarco FF. Influence of thermal stress on marginal integrity of restorative materials. *J Appl Oral Sci* 16:106-110, 2008.
8. Chiang YC, Lee BS, Wang YL, Cheng YA, Chen YL, Shiau JS, Wang DM, Lin CP. Microstructural changes of enamel, dentin-enamel junction, and dentin induced by irradiating outer enamel surfaces with CO₂ laser. *Lasers Med Sci* 23: 41-48, 2008.
9. Çengel YA, Boles MA. *Thermodynamics. An Engineering Approach*. 2nd ed. USA: McGraw-Hill Inc.,1994.
10. Dilmener FT, Sipahi C, Dalkiz M. Resistance of three new esthetic post-and-core systems to compressive loading. *J Prosthet Dent* 95: 130-136, 2006.
11. Drummond JL, Bapna MS. Static and cyclic loading of fiber-reinforced dental resin. *Dent Mater* 19: 226-231, 2003.
12. Fenner DN, Robinson PB, Cheung PM. Three-dimensional finite element analysis of thermal shock in a premolar with a composite resin MOD restoration. *Med Eng Phys* 20: 269-275, 1998.
13. Feuerstein O, Zeichner K, Imbari C, Ormianer Z, Samet N, Weiss EI. Temperature changes in dental implants following exposure to hot substances in an ex vivo model. *Clin Oral Impl Res* 19: 629-633, 2008.
14. Firoozmand L, Faria R, Araujo MA, di Nicoló R, Huthala MF. Temperature rise in cavities prepared by high and low torque handpieces and Er:YAG laser. *Br Dent J* 12: 205:E1; discussion 28-29, 2008.
15. Geng JP, Tan KB, Liu GR. Application of finite element analysis in implant dentistry: a review of the literature. *J Prosthet Dent* 85: 585-598, 2001.
16. Guinaldo RD, Consani S, Lympius T, Schneider LF, Sinhoreti MA, Correr-Sobrinho L. Influence of the light curing unit and thickness of residual dentin on generation of heat during composite photoactivation. *J Oral Sci* 50: 137-142, 2008.
17. Gungor MA, Kucuk M, Dundar M, Karaoglu C, Artunc C. Effect of temperature and stress distribution on all-ceramic restorations by using a three-dimensional finite element analysis. *J Oral Rehabil* 31: 172-178, 2004.
18. Hofmann N, Hugo B, Klaiber B. Effect of irradiation type (LED or QTH) on photoactivated composite shrinkage strain kinetics, temperature rise, and hardness. *Eur J Oral Sci* 110: 471-479, 2002.
19. Incropera, Frank P, Dewitt, David P. *Fundamentals Of Heat And Mass Transfer*. 3rd ed. USA:John Wiley & Sons Publishing; 1990.

20. Ko CC, Chu CS, Chung KH, Lee MC. Effects of posts on dentin stress distribution in pulpless teeth. *J Prosthet Dent* 68: 421-427, 1992.
21. Küçük M. Çeşitli malzemelerle kaplanmış üst kaninde sıcaklık dağılımının incelenmesi. *DEÜ Müh Fak Fen ve Müh Derg* 2: 129-139, 2000.
22. Lanza A, Aversa R, Rengo S, Apicella D, Apicella A. 3D FEA of cemented steel, glass and carbon posts in a maxillary incisor. *Dent Mater* 21: 709-715, 2005.
23. Lee SY, Chiang HC, Huang HM, Shih YH, Chen HC, Dong DR, Lin CT. Thermo-debonding mechanisms in dentin bonding systems using finite element analysis. *Biomaterials* 22: 113-123, 2001.
24. Lee SY, Chiang HC, Lin CT, Huang HM, Dong DR. Finite element analysis of thermo-debonding mechanism in dental composites. *Biomaterials* 21: 1315-1326, 2000.
25. Lenz J, Kessel S. Thermal stresses in metal-ceramic specimens for the ISO crack initiation test (three-point flexure bond test). *Dent Mater* 14: 277-280, 1998.
26. Ormianer Z, Feuerstein O, Assad R, Samet N, Weiss EI. In vivo changes in dental implant temperatures during hot beverage intake: a pilot study. *Implant Dent* 18: 38-45, 2009.
27. Palmer DS, Barco MT, Billy EJ. Temperature extremes produced orally by hot and cold liquids. *J Prosthet Dent* 67: 325-327, 1992.
28. Pegoretti A, Fambri L, Zappini G, Bianchetti M. Finite element analysis of a glass fibre reinforced composite endodontic post. *Biomaterials* 23: 2667-2682, 2002.
29. Proos KA, Swain MV, Ironside J, Steven GP. Finite element analysis studies of a metal-ceramic crown on a first premolar tooth. *Int J Prosthodont* 15: 521-527, 2002.
30. Spierings TA, de Vree JH, Peters MC, Plasschaert AJ. The influence of restorative dental materials on heat transmission in human teeth. *J Dent Res* 63: 1096-1100, 1984.
31. Staninec M, Darling CL, Goodis HE, Pierre D, Cox DP, Fan K, Larson M, Parisi R, Hsu D, Manesh SK, Ho C, Hosseini M, Fried D. Pulpal effects of enamel ablation with a microsecond pulsed lambda = 9.3-microm CO2 laser. *Lasers Surg Med* 41: 256-263, 2009.
32. Toparli M, Aykul H, Sasaki S. Temperature and thermal stress analysis of a crowned maxillary second premolar tooth using three-dimensional finite element method. *J Oral Rehabil* 30: 99-105, 2003.
33. Toparli M, Gokay N, Aksoy T. An investigation of temperature and stress distribution on a restored maxillary second premolar tooth using a three-dimensional finite element method. *J Oral Rehabil* 27:1077-1081,2000.
34. Toparli M. Stress analysis in a post-restored tooth utilizing the finite element method. *J Oral Rehabil* 30: 470-476, 2003.
35. Toparli M, Sasaki S. Finite element analysis of the temperature and thermal stress in a postrestored tooth. *J Oral Rehabil* 30: 921-926, 2003.
36. Yang SH, Lang LA, Guckes AD, Felton DA. The effect of thermal change on various dowel-and-core restorative materials. *J Prosthet Dent* 86: 74-80, 2001.
37. Zarone F, Apicella D, Sorrentino R, Ferro V, Aversa R, Apicella A. Influence of tooth preparation design on the stress distribution in maxillary central incisors restored by means of alumina porcelain veneers: a 3D-finite element analysis. *Dent Mater* 21: 1178-1188, 2005.

Yazışma Adresi

Dr. Ferhan EĞİLMEZ

Ankaralılar Cad. 410. Sk. ARYA Sit. B3-3

Ümitköy-ANKARA

e-posta: fegilmez@gazi.edu.tr