

Orijinal Araştırma Makalesi

Amalgam, Kompozit ve Cam İyonomer Simanların Isı İletkenlik Özelliklerinin İncelenmesi

Examination of the Heat-Conductive Properties of Amalgams, Composites and Glass Ionomer Cements

Ali Keleş¹, Fuat Ahmetoğlu¹, Muhammet Yalçın², Neslihan Şimşek¹,
Elçin T. Bulut¹, Şendoğan Karagöz³

¹ Inönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti AD, Malatya

² Inönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi AD, Malatya

³ Atatürk Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Termodinamik AD, Erzurum

Özet

Bu çalışmanın amacı farklı restoratif materyallerin ısı iletim özelliklerinin incelenmesidir. Bu çalışmada iki tip amalgam, 3 tip cam iyonomer siman (CİS) ve 3 tip kompozit incelendi. Bu materyaller, üretici talimatlarına göre hazırlanarak standart kalıplara uygulandı. Her materyale ait 3 örnek hazırlandı. Ölçümler Heat Conduction Unit (P.A. Hilton Ltd, England) test cihazı ile yapıldı. Her örnek için ısı iletim katsayısı Fourier formülü kullanılarak hesaplandı. Katsayılar, Kruskal-Wallis testi ile istatistiksel olarak analiz edildi. Isı iletiminde bazı materyaller arasında önemli farklılıklar bulundu ($p < 0.05$). Amalgamın ısı iletim katsayısı diğer materyallerden daha büyük bulundu ($p < 0.05$). Amalgam örnekleri arasında bir fark bulunamadı ($p > 0.05$). Kompozit örnekleri arasında ve CİS'ler arasında önemli bir fark bulunamadı ($p > 0.05$). Bu çalışma, restoratif materyallerin ısı yalıtkanları olarak görev yaptıklarını ve farklı ısı iletim özelliklerinin onların içeriklerinden kaynaklandığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Amalgam, Cam iyonomer siman, Kompozit, Isı iletimi

Abstract

The aim of this study was to examine the thermal conductivity of different restorative materials. Two types of amalgam, three types of glass ionomer cement (GIC) and three types of composite were examined. These materials were prepared in accordance with the manufacturers' instructions and applied to standard moulds. Three samples of each material were prepared. Measurements were taken using a Heat Conduction Unit (P.A. Hilton Ltd, Stockbridge, Hants, UK). The thermal conductivity coefficient was calculated for each sample using the Fourier equation. Coefficients were analyzed statistically by the Kruskal-Wallis test. Significant differences were found for thermal conductivity between some materials ($p < 0.05$). The conductivity coefficient of amalgam was found to be higher than those of the other materials ($p < 0.05$). No significant differences were found between amalgam samples ($p > 0.05$). No significant differences were found between composite samples and no significant differences were found between GICs ($p > 0.05$). This study showed that restorative materials functioned as thermal insulators and had different heat-conductive properties that depended on their composition.

Key Words: Amalgam, Glass ionomer cement, Composite, Heat conductivity

Giriş

Uzun yıllardır, restoratif tedavi süresince ısı artışının pulpa dokusu üzerinde oluşturabileceği olumsuz etkisi bir kaygı konusu olmuştur (1). Bu ısı artışı bir biyolojik problem oluşturabilir. Hayvanlarda yapılan bir histolojik çalışma, intrapulpal sıcaklığın 5.55 °C artmasıyla sağlıklı pulpal dişlerin %15'inde iyileşmede başarısızlık oluştuğunu göstermiştir. İntrapulpal sıcaklık 11.1 ve 16.65 °C arttığında ise sırasıyla %60 ve %100 sağlıklı diş pulpası canlılığını kaybetmiştir (2). Dentinin, zayıf bir ısı iletken olmasından dolayı pulpayı zararlı termal ajitasyonlardan koruyabilse de (3), derin kavitelere kalan dentin tabakası etkili ısı yalıtımı sağlamak için yetersizdir.

Eğer katı bir materyalin içinde bir sıcaklık farkı oluşur ise sıcaklığın yüksek olduğu bölgeden düşük olduğu bölgeye transferiyle ısı iletimi sağlanır. Isı iletimi Fourier'in ısı iletim yasasına göre açıklanabilir: $Q = -k A \Delta T / \Delta x$ (4). Bu denklem özellikle de katı ve sıvıların termal iletkenlik katsayısını belirlemek amacı ile

kullanılır (5-7). Zamanla transfer edilen ısı birimleri, (Q) deneyde kullanılan materyalin kesit alanı (A) ve iki nokta arasındaki ısı farkı (ΔT) ile direkt orantılıdır. Bununla beraber üretilen ısının transfer yönünü (Δx) gösteren materyalin kalınlığı ile dolaylı olarak orantılıdır. k termal iletken katsayısıdır ki bu da materyalin en önemli özelliklerinden biridir.

Isı iletimi hem günlük yaşam hem de dental işlemler süresince dişlerde meydana gelmektedir. Dişlerin ısıl çevresi günlük yaşamda 0 ve 70 °C arasında oldukça değişkendir (8). Materyalin ısı iletim etkisi, hastaların özellikle metalik restorasyon sonrası sıcak/soğuk yiyecekler veya içeceklerin tüketimi sırasında deneyim edindiği rahatsızlığı en aza indirmede klinik olarak önemlidir. Farklı içerikli dolgu ve kaide materyalleri restorasyon için kullanıldığında hastaların yaklaşık olarak % 20-30'u post operatif hassasiyet nedeniyle ağrı hissetmektedir (9). Diğer yandan, polimerizasyon ve parlatma gibi dental işlemler sırasında oluşan ısı pulpada hasara neden olabilir (10-14). Dental

literatürün taranması sonucu polimerize olmuş veya sertleşmiş dental materyallerin ısı iletim özellikleri hakkında çok az çalışma yapıldığı görülmüştür. Bu çalışmanın amacı kompozitlerin, CIS ve amalgamların ısı iletiminin araştırılması ve karşılaştırılmasıdır.

Gereç ve Yöntem

Bu çalışmada, iki amalgam, altı cam iyonomer siman (iki geleneksel, iki güçlendirilmiş, iki görünür ışıkla sertleşen) ve dört kompozit (iki nanohibrid, bir hibrid ve bir mikrohibrid) ısı iletim özellikleri bakımından değerlendirildi. Örnek disklerin hazırlanması için iç çapı 25 mm ve kalınlığı 1.5 mm olan teflon kalıplar kullanıldı. Test materyalleri üreticinin talimatları doğrultusunda hazırlanarak teflon kalıplara uygulandı. Materyaller sertleştikten sonra örnekler kalıplardan çıkarıldı ve elektronik kompas yardımı ile kalınlıkları tekrar ölçülerek doğrulandı. Test örnekleri, yalıtkan bir materyal olan poliüretandan hazırlanan kalıpların içerisine yerleştirildi (Şekil 1). Her bir materyal için üç örnek hazırlandı.

Isı İletim Deneyi

Örneklerin ısı iletkenliğini belirlemek için ısı iletim ünitesi'nin (P.A. Hilton Ltd. Stockbridge, Hants, UK) lineer ısı iletim modülü kullanıldı. Örnek ile aparat arasında daha fazla yüzey kontağı sağlanabilmesi için örneğin her iki tarafı da ısı ileten macun ile kaplandı. Test örneği ısı iletme aparatının ısıtma ve soğutma bölümlerinin arasındaki lineer modülün örnek yuvasına yerleştirildi. Test edilen her bir örnek için modülün ısı giriş noktası 10 W enerji ile ısıtılırken ısı kuyusu bölümü ise su ile soğutuldu. Bu nedenle, istenen dengeye ulaşılan kadar ısı iletimi ölçüm cihazı, örneğin bir tarafından ısıtılırken diğer tarafından soğutuldu.

Sistemin denge durumuna ulaşması için gereken süre örnekler arasında değişse de ortalama süre 40 - 60 dakika arasında oldu. Deneysel sistem denge durumuna ulaştığında ısı değerleri, test örneğinin her iki tarafında belirli aralıklarla dizilmiş olan termostat sıcaklık sensörlerinden dijital ısı okuyucu vasıtasıyla okunarak kaydedildi.

Tablo 1: Test örneklerinin ısıtılan (Ta) ve soğutulan (Tb) yüzeylerindeki ısı değerleri (°C)

Materyal	Ta		Tb	
	Ort ± S.Sp		Ort ± S.Sp	
Gradia Direct	35.51	± 0.26	14.55	± 0.15
SDI Rok	33.11	± 1.75	14.87	± 0.45
Tetric Exo Cream	31.99	± 1.23	16.55	± 0.11
Riva LC	31.61	± 1.24	16.65	± 0.29
Fuji LC	30.82	± 0.06	16.81	± 0.06
Voco Grandio	29.28	± 2.10	15.55	± 0.55
Riva SC	30.46	± 1.06	17.02	± 0.37
Fuji	29.79	± 0.12	16.92	± 0.25
Argion	29.73	± 0.58	17.29	± 0.53
Riva Silver	27.63	± 0.52	17.35	± 0.28
Cavex Amalgam	17.65	± 0.01	16.07	± 0.06
Kerr Amalgam	17.82	± 0.20	16.09	± 0.31

Isı iletimi test cihazında, ısı sensörleri hem ısıtıcı kısımda hem de soğutucu kısımda test örneğinden 5 mm uzaklıkta başlayarak 10 mm aralıklarla dizilirler. Böylece test örneğinden belirli mesafe uzaklıktaki ısı değerleri okunup kaydedildi. Kaydedilen bu ısı değerleri ile Excel programında (Microsoft Office 2007) regresyon eğrisi analizi yapılarak test örneğinin hem ısıtılan yüzeyindeki (Ta) hem de soğutulan yüzeyindeki (Tb) ısı belirlendi (Tablo 1). Böylece her örnek için 8 noktada ısı kaydedilmiş oldu. Fourier denklemi Excel'de oluşturularak k' nın değeri her bir örnek için W/mK olarak hesaplandı. Katsayılar Kruskal-Wallis testi (SPSS 10.0; SPSS, Chicago, IL, USA) uygulanarak karşılaştırıldı ve farklılıklar $P < 0.05$ önem seviyesinde istatistiksel olarak analiz edildi.

Sonuçlar

Isı iletimi açısından bazı materyaller arasında önemli farklılıklar bulundu ($p < 0.05$) (Tablo 2). Amalgam örneklerin termal iletim katsayısı diğer materyallerinkine nazaran daha yüksek bulundu ($p < 0.05$). Amalgam örnekleri (Cavex ve Kerr

amalgam) arasında önemli bir farklılık bulunmadı ($p > 0.05$).

Kompozit örnekleri ve CIS örnekleri kendi aralarında istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermedi ($p > 0.05$). Tüm materyaller için her bir ölçüm noktasında ortalama sıcaklık değerleri ve ısı iletim grafiği Şekil 2'de gösterilmiştir.

Tartışma

Isı iletimini ölçme yolları iki kategoriye ayrılabilir, kararlı durum ve kararlı olmayan durum. Kararlı durum metotlarında örnekler zamanla değişmeyen bir sıcaklığa maruz bırakılıp, denge durumuna ulaşıldığında birim alan başına ısı akış hızı ve sıcaklık gradyenti ölçülerek ısı iletimi belirlenmektedir (15,16). Dental dokuların ve materyallerin ısı iletkenliği birçok araştırmacı tarafından farklı metotlarla kullanılarak incelenmiştir (17-20).

Tablo 2. Test edilen materyallerin tespit edilen ısı iletim katsayıları (W/m.°C).

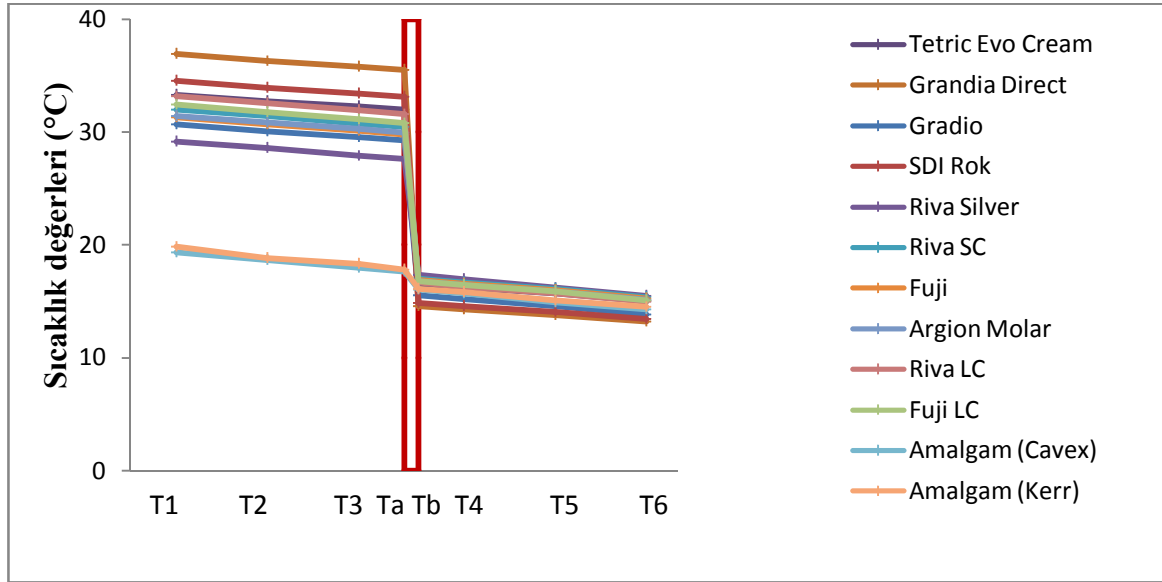
Materyal	Ort ± S.Sp
Gradia Direct (mikrohibrit kompozit)	1.459 ^a ± 0.0284
SDI Rok (hibrit kompozit)	1.693 ^a ± 0.2123
Tetric Exo Cream (nanohibrit kompozit)	1.990 ^{ab} ± 0.1651
Riva LC(rezin modifiye CİS)	2.056 ^{ab} ± 0.2036
Fuji LC (rezin modifiye CİS)	2.182 ^{ab} ± 0.0087
Voco Grandio (nanohibrit kompozit)	2.273 ^{ab} ± 0.3736
Riva SC (geleneksel CİS)	2.290 ^{ab} ± 0.2371
Fuji (geleneksel CİS)	2.376 ^{ab} ± 0.0657
Argion (güçlendirilmiş CİS)	2.408 ^{ab} ± 0.1125
Riva Silver (güçlendirilmiş CİS)	2.985 ^b ± 0.2256
Cavex Amalgam	18.461 ^c ± 1.4878
Kerr Amalgam	18.546 ^c ± 1.1155

a, b ve c üst simge harfleri istatistiksel olarak farklılığı ifade etmektedir (p< 0.05)

Bu çalışmada, Fourier'in ısı iletim kanunu uygulanmıştır. Test örneklerinin ısı iletim özellikleri, sıcaklık sensörleri ile donatılmış ısıtılan ve soğutulan bölümler arasında örneklerin yerleştirilmesiyle incelenmiştir. Bu sistemde ısı, ısıtılan bölümden soğutulan bölüme doğru, test materyali üzerinden iletim yoluyla taşınmaktadır. Eğer test edilen materyal yüksek ısı iletkenliğine sahipse ısıtılan bölümde üretilen ısı kolaylıkla soğutulan bölüme iletilmektedir. Böylece, ısıtılan bölümde sıcaklık fazla artmadan sistem kararlı duruma ulaşabilmektedir. Eğer test materyalinin ısı iletkenliği iyi değilse, soğuk tarafa daha az ısı iletilecek ve ısıtılan taraftaki sıcaklık yükselecektir. Sistemde kararlı durum koşulları oluştuğunda sıcaklık olabildiğince sabit hale gelir ve bu durumda ölçüm alınabilir.

Dolgu parçacıklarının büyüklüğü, morfoloji ve dağılımı, dolgu/toz parçacıklarının ara yüzünün özelliği veya matris ile ne kadar bağlanabildiği veya mikro yapıdaki gözeneklerin var olup olmaması gibi birçok faktör bu çalışmanın sonuçlarını etkilemiş olabilir.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre, amalgam örneklerin iletkenlik katsayısı diğer materyallere nazaran daha büyüktür (p<0.05). Amalgam örnekleri arasında istatistiksel önemli bir farklılık görülmemiştir. Bu çalışma, amalgamların ısı iletiminin yüksek olduğunu ve pulpayı termal streslerden korumak için amalgam restorasyon altında mutlaka daha yalıtkan bir kaide materyalinin kullanılması gerektiğini bildiren diğer çalışmaları desteklemektedir (12, 21).

**Şekil 1.** Test materyallerinin ısı ölçüm noktalarındaki ortalama sıcaklık değerlerinin şematik olarak gösterilmesi.

Araştırmacılar polimerizasyonun ekzotermik ısısını yada polimerizasyon sırasında ışığın neden olduğu ısı artışının pulpa üzerine etkilerini araştırmışlardır. Polimerize olmuş kompozitlerin ısı iletim özelliklerini araştıran basılmış bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma, polimerize edilmiş farklı içerikli kompozitlerin ısı iletimi arasında istatistiksel bir farkın bulunmadığını göstermiştir (p>0.05). Bu sonuç,

kompozit seçiminde ısı iletimi kriterinin ihmal edilebileceğini ortaya koyduğu için hekimlere kolaylık sağlayacaktır. CİS'lerin ısı iletiminin farklı olduğu ve metal destekli CİS'lerin içerdikleri metal iyonlarından dolayı daha fazla ısı ilettiği bildirilmiştir (22). Bu çalışma sonuçları, güçlendirilmiş CİS'lerin biraz daha büyük 'k' değerlerine sahip olmasına rağmen,

CİS'lerin ısı iletimleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığını ortaya koydu ($p>0.05$).

Dentinin termal iletimi iyi değildir (20,23) ve dentin kalınlığındaki küçük farklılıkların ısı iletiminde büyük etkileri olmaktadır (24). Canlı pulpa tedavisinde dentin kısmen ya da tamamen çıkarılabilir veya derin kavite preparasyonlarında etkin termal yalıtım oluşturacak kadar yeterli dentin tabakası kalmayabilir. Düşük termal iletkenliği olan restoratif materyallerin kullanılması, tedavi işlemleri (örneğin parlatma) sırasında üretilen sıcaklık artmasında olduğu gibi günlük kullanım sırasında da ağızda sıcaklık artışlarına karşı pulpayı koruyacaktır.

Kaynaklar

- Hannig M, Bott B. In-vitro pulp chamber temperature rise during composite resin polymerization with various light-curing sources. *Dent Mater* 1999; 15: 275-81.
- Zach L, Cohen G. Pulp Response to Externally Applied Heat. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1965; 19: 515-30.
- Lin M, Xu F, Lu TJ, Bai BF. A review of heat transfer in human tooth--experimental characterization and mathematical modeling. *Dent Mater* 2010; 26: 501-13.
- Çengel YA, Heat Transfer: A Practical Approach, 2nd ed. McGraw-Hill, New York, 2003.
- Saatci B, Marasli N, Gunduz M. Thermal conductivities of solid and liquid phases in Pb-Cd and Sn-Zn binary eutectic alloys. *Thermochimica Acta* 2007; 454: 128-34.
- Meydani F, Saatci B, Ozdemir M. Thermal conductivities solid and liquid phases for pure Al, pure Sn and their binary alloys. *Fluid Phase Equilibria* 2010; 298: 97-105.
- Garrido PL, Hurtado PI, Nadrowski B. Simple one-dimensional model of heat conduction which obeys fourier's law. *Phys Rev Lett* 2001;86:5486-9.
- Barclay CW, Spence D, Laird WR. Intra-oral temperatures during function. *J Oral Rehabil* 2005; 32: 886-94.
- Weiner R. Teaching the use of liners, bases, and cements: a 10-year follow-up survey of North American Dental Schools. *Dent Today* 2006; 25: 74, 76, 78-9; quiz 79.
- Jones CS, Billington RW, Pearson GJ. The effects of lubrication on the temperature rise and surface finish of glass-ionomer cements. *J Dent* 2006; 34: 602-7.
- Jones CS, Billington RW, Pearson GJ. The effects of lubrication on the temperature rise and surface finish of amalgam and composite resin. *J Dent* 2007; 35: 36-42.
- Grajower R, Kaufman E, Rajstein J. Temperature in the pulp chamber during polishing of amalgam restorations. *J Dent Res* 1974; 53: 1189-95.
- Al-Qudah AA, Mitchell CA, Biagioni PA, Hussey DL. Thermographic investigation of contemporary resin-containing dental materials. *J Dent* 2005; 33: 593-602.
- Al-Qudah AA, Mitchell CA, Biagioni PA, Hussey DL. Effect of composite shade, increment thickness and curing light on temperature rise during photocuring. *J Dent* 2007; 35: 238-45.
- Akbulut S, Ocak Y, Keşlioğlu K, Maraslı N. Thermal conductivities of solid and liquid phases for neopentylglycol, aminomethylpropanediol and their binary alloy. *J Phys Chem Solids* 2009;70: 72-8.
- Ocak Y, Aksoz S, Maraslı N, Keslioglu K. Experimental determination of thermal conductivity and solid-liquid interfacial energy of solid Ag₃Sn intermetallic in the Ag-Sn-In ternary alloy. *Intermetallics* 2010; 18: 2250-8.
- Little PA, Wood DJ, Bubb NL, Maskill SA, Mair LH, Youngson CC. Thermal conductivity through various restorative lining materials. *J Dent* 2005; 33: 585-91.
- Panas AJ, Zmuda S, Terpilowski J, Preiskorn M. Investigation of the thermal diffusivity of human tooth hard tissue. *Int J Thermophys* 2003; 24: 837-47.
- Civjan S, Barone JJ, Reinke PE, Selting WJ. Thermal properties of nonmetallic restorative materials. *J Dent Res* 1972; 51: 1030-7.
- Figueiredo de Magalhaes M, Neto Ferreira RA, Grossi PA, de Andrade RM. Measurement of thermophysical properties of human dentin: effect of open porosity. *J Dent* 2008; 36: 588-94.
- Tibbetts VR, Schnell RJ, Swartz ML, Philips RW. Thermal diffusion through amalgam and cement base: comparison of in vitro and in vivo measurements. *J Dent Res* 1976; 55: 441-51.
- Brantley WA, Kerby RE. Thermal diffusivity of glass ionomer cement systems. *J Oral Rehabil* 1993; 20: 61-8.
- Sweatman TL, Baumgartner JC, Sakaguchi RL. Radicular temperatures associated with thermoplasticized gutta-percha. *J Endod* 2001; 27: 512-5.
- Dominici JT, Clark S, Scheetz J, Eleazer PD. Analysis of heat generation using ultrasonic vibration for post removal. *J Endod* 2005; 31: 301-3.

İletişim Yazarı

Yrd. Doç. Dr. Ali KELEŞ
İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Endodonti AD, MALATYA
e-posta: ali.keles@inonu.edu.tr