

**DENTAL SERAMİKLERİN DAYANIKLILIKLARININ  
DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN BÜKÜLME DAYANIMI  
TESTLERİ  
FLEXURAL STRENGTH TESTS THAT ARE USED IN EVALUATION OF  
DENTAL CERAMIC STRENGTH**

Prof. Dr. Zeynep YEŞİL DUYMUŞ\*

Dr. Öğr. Üyesi Alper ÖZDOĞAN\*\*

**Makale Kodu/Article code:** 2787  
**Makale Gönderilme tarihi:** 13.04.2016  
**Kabul Tarihi:** 26.07.2016

**ÖZ**

Diş hekimliğinde kullanılan restoratif materyallerin klinik başarısı hakkında materyale uygulanan laboratuvar testleri ile ön bilgilere ulaşılabilmektedir. Pratik uygulamalarda kullanılan çok sayıda laboratuvar testleri bulunmaktadır. Materyallerin dayanıklılığının tespitinde kullanılan bükülme dayanımı testleri de bu testlerden biridir. Bu derlemede, dental seramiklerin dayanıklılıklarının değerlendirilmesinde kullanılan bükülme dayanımı testleri anlatılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Bükülme dayanımı testleri, dental seramikler, diş hekimliği.

**ABSTRACT**

Preliminary information about the clinical success of dental restorative materials can be determined by different laboratory tests. There are many laboratory tests, which are used in practices. The flexural strength test, which is used for determining the strength of materials, is one of these tests. In this review, the flexural strength tests, which are used in evaluation of dental ceramics' strength, were described.

**Keywords:** Dental ceramics, dentistry, flexural strength tests.

**GİRİŞ**

Diş hekimliğinde değişik restoratif materyaller kullanılmakta ve üretici firmalar tarafından bu materyallerin özellikleri geliştirilmektedir. Materyallerdeki bu gelişim ve değişimler, materyallerin mekanik özelliklerine yönelik olmaktadır. Dental restorasyonların klinik başarısında, kullanılan materyalin özellikleri önemli rol oynar. Materyallerin özellikleri, stabilitesinin ve ömrünün öngörülebilmesi için değerlendirilmelidir.<sup>1</sup>

Araştırmalarda kullanılan mekanik testler sayesinde dental materyallerin yapısal özellikleri incelenebilmektedir.<sup>2</sup>

**Materyallerin Mekanik Özellikleri**

**Gerilim(Stress):** Bir cisme dışarıdan kuvvet uygulandığında o cismin içinde meydana gelen eşit şiddette ve zıt yöndeki kuvvet olarak tanımlanmaktadır.<sup>2,3</sup> Cisme uygulanan kuvvetin yönüne göre 3 farklı şekilde gerilim meydana gelir:

**1. Çekme Gerilimi (Tensile Stress):** Cisimde, gelen yükün yönünde uzamaya neden olacak deformasyona karşı koyan iç kuvvettir.

**2. Basma Gerilimi (Compressive Stress):** Cismi sıkıştıran veya kısaltan yükün neden olduğu deformasyona karşı koyan kuvvettir.

**3. Makaslama Gerilimi (Shear Stress):** Cismin parçasını diğer parçasının üzerinde kaydıracak yöndeki kuvvetin neden olduğu deformasyona karşı koyan kuvvettir.<sup>2</sup>

**Gerinim (Strain):** Bir cisme dışarıdan bir kuvvet uygulandığı zaman cisimde meydana gelen boyutsal değişimdir. Boyutsal değişimin birim boyuta oranı ile ölçülür. Uygulanan kuvvet ile cisimde meydana gelen boyutsal değişim plastik veya elastik karakterde olabilir. Uygulanan kuvvet kaldırıldığında boyutsal değişim ilk haline dönüyorsa oluşan deformasyon elastiktir, ilk haline dönmüyorsa ve kalıcı değişiklik meydana geliyorsa plastiktir.<sup>2</sup>

**Elastik Modül (Elastic Modulus, Young's Modulus):** Maddenin elastikliğinin bir ölçümüdür. Young's Modulus olarak da isimlendirilir. Bir materyale gerilim ya da baskı kuvveti uygulandığı zaman materyalin elastiklik sınırları dahilindeki sertliği demektir. Elastiklikten çok rijitliği belirleyen bir özelliktir.<sup>2,3</sup>

\* Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, Rize

\*\* Atatürk Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, Erzurum



**Oransal Limit (Proportional Limit):** Gerilim-şekil değişimi eğrisinde, gerilim ile şekil değişiminin doğru orantılı olduğu en yüksek gerilim değeridir.<sup>2</sup>

**Elastik Limit (Elastic Limit):** Elastik limit materyalde kalıcı deformasyon oluşmaksızın etki edebilecek maksimum stres miktarıdır.<sup>2,3</sup>

**Akma Noktası Dayanımı (Yield Strength):** Gerilim-gerinim eğrisinde gerilimdeki artışla orantısız olarak şekil değişiminde hızlı bir artış görülen noktadır. Bu noktadan sonra meydana gelen deformasyon plastik karakterdedir. Plastik deformasyonun başladığı gerilim, akma dayanımı olarak adlandırılır.<sup>2</sup>

**Poisson Oranı (Poisson's Ratio):** Bir materyale gerilme kuvveti uygulandığında, materyalin uzunluğu artar. Buna aksiyel gerilme denir. Ancak kalınlığı azalır, buna da lateral gerilme denir. Bir materyalin lateral gerilme miktarının aksiyel gerilme miktarına oranı poisson oranı olarak tanımlanır.<sup>2</sup>

**Kırılma Dayanımı (Fracture strength):** Kuvvet uygulanan bir cismin kırıldığı andaki gerilim miktarıdır. Gerilim tipine bağlı olarak, çekme dayanımı, makaslama dayanımı, basma dayanımı olarak isimlendirilir.<sup>2,4</sup>

**Kırılma Tokluğu (Fracture Toughness):** Kırılma dayanımına sahip malzemenin özellikle gerilim altında çatlakların yıkıcı ilerleyişine gösterdiği dirençtir.<sup>2,4</sup>

**Sertlik (Hardness):** Materyalin plastik deformasyona ve penetrasyona karşı gösterdiği dirençtir. Başka bir ifade ile sertlik materyalin aşınmaya ve abrazyona direnci olarak tanımlanabilir.<sup>4</sup>

**Yorgunluk Dayanımı (Fatigue strength):** Bir maddenin, kısa süreli küçük ve siklik darbelerle karşı gösterdiği dirençtir. Bir kez uygulandığında kırılmaya neden olmayan bir yükün tekrarlanarak uygulanması sonucu materyalin dayanıklılığı azalabilir ve ani kırığa neden olabilir. Buna yorgunluk dayanıklılığı adı verilir.<sup>4</sup>

**Bükülme Dayanımı (Flexural Strength):** Bir kirişin iki ucu desteklenerek ortasından kuvvet uygulandığı zaman, o kirişin gösterdiği mukavemettir.<sup>4</sup> Basma, makaslama ve çekme gerilimlerinin aynı anda olduğu bükülme testleri ile materyallerin dayanımı ile ilgili tekrarlanabilir güvenilir sonuçlar elde edilebilir ve bu sonuçlara göre farklı materyallerin dayanıklılıkları karşılaştırılabilir.<sup>2</sup> Bükülme dayanımı, kırılma ile ilişkili mekanik bir özelliktir, çekme kuvvetlerine karşı restorasyonun dayanımının bir ölçüsüdür. Yüksek bükülme dayanımına sahip materyaller, restorasyonun kırılmaya karşı daha az hassasiyete sahip olmasını sağlar.<sup>5</sup> Bükülme dayanımı testleri materyal yüzeyindeki

defektlere karşı son derece hassastır. Materyalin yapımındaki ısısal ve mekanik aşamalar sırasında oluşan mikro çatlaklar veya defektler materyalin dayanıklılığını ciddi ölçüde etkileyebilmektedir.<sup>6</sup> Bu nedenle materyallerin bükülme dayanımları farklı testlerle ölçülebilmektedir. Bunlar:

1. Tek eksenli bükülme testleri
  - a. Üç nokta yükleme testi (three point bending)
  - b. Dört nokta yükleme testi (four point bending)
2. İki eksenli bükülme testleri
  - a. Halka üzerinde halka (ring on ring)
  - b. Halka üzerinde top (ball on ring)
  - c. Üç top üzerinde piston (piston on three ball)

### 1. Tek Eksenli (Uniaksiyal) Bükülme Testleri

Üç nokta ve dört nokta yükleme testlerini içerir.<sup>7-9</sup> Elde edilen değerler kolay bir şekilde karşılaştırılabilir. Fakat test edilecek örneklerde meydana gelen yüzeysel çukurlar, çatlaklar ve defektler elde edilen sonuçları büyük ölçüde etkilemektedir.<sup>8, 10</sup>

#### a. Üç Nokta Yükleme Testi:

Dental seramiklerin dayanıklılık testi için kullanılan test yöntemlerinden biridir. Bu test yönteminde dikdörtgenler prizması şeklindeki örnekler ISO 6872 (Uluslararası Standartlar Organizasyonu) standartlarında 2x4x25 mm boyutlarında hazırlanmaktadır.<sup>8, 11</sup> Test düzeneğinde örnekler aralarında 20 mm bulunan dairesel çelik barların üzerine merkezi olarak konumlandırılır. Ardından dairesel bir çelik bar ile destek barların tam ortasından örneğin uzun aksına dik olacak şekilde kuvvet uygulanır (Şekil 1).<sup>12</sup> Kırılmaya sebep olan toplam kuvvet miktarı Newton olarak saptanır ve ISO standartlarına göre aşağıdaki formül kullanılarak MPa birimine çevrilir.<sup>8, 9, 11</sup>

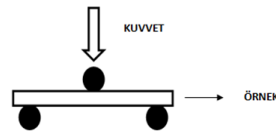
$$\text{Stres (MPa)} = 3LF/2WT^2$$

L: Destekler arası mesafe (mm)

W: Örneğin genişliği (mm)

F: Kuvvet (N)

T: Örneğin kalınlığı (mm)

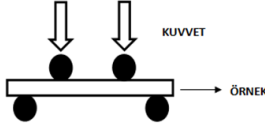


Şekil 1. Üç nokta yüklemenin şematik resmi

#### b. Dört Nokta Yükleme Testi:

Tek parça kırılgen materyallerde ve çift tabakalı (kompozit) yapılarda (alt yapı seramiği üzerine veneer

uygulanması ve metal-seramik yapı gibi) dayanıklılığının ölçülmesinde kullanılmaktadır.<sup>13</sup> Dört nokta yükleme testinde örnek, üç nokta yükleme testinde olduğu gibi iki desteğin üzerine yerleştirilmektedir. Yük uygulanan iki nokta, her bir destekten aradaki mesafenin dörtte biri kadar uzakta konumlandırılmaktadır (Şekil 2).<sup>2</sup>



Şekil 2. Dört nokta yüklemenin şematik resmi

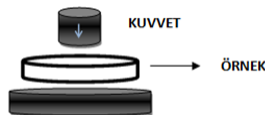
Tek eksenli bükülme testleri örnek kenarlarındaki çatlaklara ve örnek hazırlanırken oluşan dikey yüzey çatlaklarına karşı oldukça hassastır.<sup>14</sup> Bununla beraber, test örnekleri boyut ve hacim olarak dental restorasyonlardan oldukça farklıdır.<sup>15</sup>

## 2. İki Eksenli (Biaksiyal) Bükülme Testleri:

Kırılğan dental materyallerin dayanımlarının değerlendirilmesinde tek eksenli bükülme testlerine göre daha güvenilir bir test yöntemidir.<sup>16</sup> Disk şeklindeki örneklere uygulanan kuvvet ile geniş bir yüzey alanının test edilebilme olanağı vardır.<sup>17,18</sup> İki taraflı dengeli stres dağılımı sağlanır<sup>17</sup> ve her iki taraftan da zıt yönlerde simetrik olarak örnekler yüklenir.<sup>18</sup> Bu testlerde, disk şeklindeki örnek bir halka veya daire oluşturacak şekilde duran toplar ile alttan desteklenmektedir. Alttaki halka veya toplara merkezi olarak konumlandırılmış bir piston ile yukarıdan yükleme yapılmaktadır.<sup>7</sup>

### a. Halka Üzerinde Halka Testi:

Bu test yönteminde disk şeklindeki örnek, eş merkezli daha küçük çapta bir halka ile desteklenir. Bu test yaygın olarak cam dayanıklılık testlerinde kullanılan standardize bir yöntemdir. Bar örneklerde, üretim sırasında ilave çatlaklar oluşurken, disk şeklindeki örneklerin kenarlarında stres oluşmaz ve sonuçta hataya etkisi olmaz. Hazırlanan örneklerin yüzeylerinin tamamen paralel olması gerekmektedir (Şekil 3).<sup>19</sup>

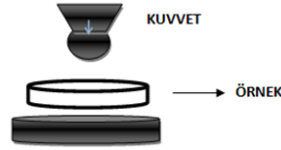


Şekil 3. Halka üzerinde halka testinin şematik resmi

### b. Halka Üzerinde Top Testi:

Bu test yönteminde örnek halkalarla desteklenir ve merkezinden bir küre ile yüklenir. Seramik kuron,

tabakalama porseleni ve iki tabakalı disklerin iki eksenli bükülme dayanıklılığının belirlenmesi için kullanılır. Bu test, universal test cihazında 0.5 mm/dk başlık hızı ile oda sıcaklığında gerçekleştirilir. ASTM (American Society for Testing and Materials) standartlarına göre destekleyen halka (çap:16 mm) çelik bir bloğun içindeki sirküler oluğa yerleşen çapı 5 mm olan küre serisi içerir. Kuvvet, destekleyen küreler üzerinde uniform dağılmalıdır. Bu nedenle disk şeklindeki örneklerin yüzeyleri kesinlikle düz olmalıdır (Şekil 4).<sup>20</sup>

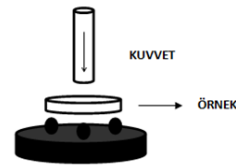


Şekil 4. Halka üzerinde top testinin şematik resmi

### c. Üç Top Üzerinde Piston Testi:

Bu test düzeneğinde,  $3.2 \pm 0.5$  mm çapındaki çelik toplar 10-12 mm çapında bir daire etrafında ve birbirlerine merkezden  $120^\circ$  açıyla yerleştirilmektedir. Bu destek toplar üzerine örnek merkezi olarak konumlandırılmaktadır. 1.2-1.6 mm çapındaki düz uçlu silindirik piston ile örneğin merkezine kuvvet uygulanmaktadır. Disk şeklindeki test örnekleri ISO 6872 standardında tip 2 seramikler için bildirilen boyutlara uygun olarak, 12-16 mm çapında ve  $1.2 \pm 0.2$  mm kalınlığında hazırlanmaktadır.<sup>7</sup>

Bu test yönteminde destekleyici toplar, yüklemeyi yapan pistonun kenarlarına yakın pozisyonudadır ve her top pistona eşit uzaklıkta yer almaktadır. Test düzeneğinin bu şekli, örnek yüzeylerinin düzlük ve paralelliğindeki küçük sapmaları tolere ederek böyle örneklerin test edilmesine izin vermektedir ve örnek kenarındaki çatlaklardan etkilenmemektedir.<sup>21</sup> Ancak yükleme yapan pistonun altında, kuvvet eşit şekilde dağılmaz ve bu kuvvet dağılımının modellenmesi zordur (Şekil 5).<sup>21, 22</sup>



Şekil 5. Üç top üzerinde piston testinin şematik resmi

## SONUÇ

Diş hekimliğinde kullanılan çok fazla sayıda restoratif materyal bulunmakta ve her gün bunlara

yeni materyaller eklenmektedir. Materyallerin dayanıklılıklarını değerlendirmek için kullanılan çok sayıda in vitro test bulunmaktadır, bu yüzden materyalin yapısı ve klinik kullanımına en yakın test metodunun dikkatlice seçilip test edilmesi gerekmektedir. Böylelikle bir materyalin klinik başarısını ölçebilmek için, o materyale uygulanan laboratuvar testlerinde en doğru ve güvenilir sonuçlara ulaşılmış olur. Dental seramiklerin dayanıklılıklarının değerlendirilmesi için kullanılan test yöntemlerinden iki eksenli bükülme testleri tek eksenli bükülme testlerine göre daha güvenilir sonuçlar vermektedir.

**Zeynep Yeşil Duymuş**, ORCID ID: 0000-0002-9767-0080  
**Alper Özdoğan**, ORCID ID: 0000-0003-0649-3056

#### KAYNAKLAR

1. Pittayachawan P. Comparative study of physical properties of zirconia based dental ceramics, Eastman Dental Institute Division of Biomaterials and Tissue Engineering University College, London. 2008. p.59-67.
2. Craig RG. Restorative Dental Materials 8. Ed. Mosby, St Louis. 1989. p.89-90.
3. Çalikkocaoğlu S. Diş Hekimliğinde Maddeler Bilgisi (Metal Olmayan Maddeler). Yeditepe Üniv Diş Hek Fak 2000; 3: 96.
4. Anusavice KJ. Dental Ceramics. In: Phillips' Science of Dental Materials Saunders: 2003:655-719.
5. Sunnegardh-Gronberg K, Peutzfeldt A, van Dijken JW. Flexural strength and modulus of a novel ceramic restorative cement intended for posterior restorations as determined by a three-point bending test. Acta Odontol Scand 2003; 61: 87-92.
6. Bayındır F, Yılmaz CB. Comparison of diametral tensile, flexural, and compressive strengths of five core build-up materials. Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg 2007;17:18-23.
7. International Organization for Standardization. ISO 6872:1995, Dental ceramic. Geneva: ISO. 1995.
8. Ersu B, Yenigül M, Tulunoğlu I. Three point bending strength of In-ceram Core Material Sinterized with colloidal Alümina. H Ü Diş Hek Fak Derg 2007; 31:71-8.
9. Seghi RR, Sorensen JA. Relative flexural strength of six new ceramic materials. Int J Prosthodont 1995; 8: 239-46.
10. Miller A, Long J, Miller B, Cole J. Comparison of the fracture strengths of ceramometal crowns versus several all-ceramic crowns. J Prosthet Dent 1992; 68: 38-41.
11. Magne P, Belser U. Esthetic improvements and in vitro testing of In-Ceram Alumina and Spinell ceramic. Int J Prosthodont 1997; 10: 459-66.
12. Cattell MJ, Clarke RL, Lynch EJ. The transverse strength, reliability and microstructural features of four dental ceramics-Part I. J Dent 1997; 25: 399-407.
13. Della Bona A, Anusavice KJ, Mecholsky JJ. Failure analysis of resin composite bonded to ceramic, Dent Mater 2003; 19:693-700.
14. Yılmaz H, Aydin C, Gul BE. Flexural strength and fracture toughness of dental core ceramics. J Prosthet Dent 2007; 98: 120-8.
15. Kelly JR. Perspectives on strength. Dent Mater 1995; 11: 103-10.
16. Ban S, Anusavice KJ. Influence of test method on failure stress of brittle dental materials. J Dent Res 1990; 69: 1791-9.
17. Morrell R, McCormick NJ, Bevan J, Lodeiro M, Margetson J. Biaxial disc flexure-Modulus and strength testing, Br Ceram Trans 1999; 98:234 - 40.
18. Seal A, Dalui AK, Banerjee M, Mukhopadhyay AK, Phani KK. Mechanical properties of very thin cover slip glass disk, B Mater Sci 2001; 24:151-5.
19. Fett T, Rizzi G. 3-balls-on-3-balls test on ceramic disks: a finite element study, Forschungszenrum Karlsruhe: No. FZKA 7052, Karlsruhe. 2004.
20. Isgro G, Pallav P, Van der Zel J, Feilzer AJ. The influence of the veneering porcelain and different surface treatments on the biaxial flexural strength of a heat-pressed ceramic, J Prosthet Dent 2003; 90:465-73.
21. Cattell MJ, Clarke RL, Lynch E. The biaxial flexural strength and reliability of four dental ceramics--Part II. J Dent 1997; 25: 409-14.
22. Lawn BR. Ceramic-based layer structures for biomechanical applications. Curr Opin Solid St M 2002; 6: 229-35.

#### Yazışma Adresi

Dr. Öğr. Üyesi Alper ÖZDOĞAN  
Atatürk Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,  
Protetik Diş Tedavisi AD, Erzurum  
Tlf: 5392018440  
e-mail: alprozdgn@gmail.com

