

## ESTETİK RESTORATİF MATERYALLERİN BAĞLANMA DAYANIMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER VE ETKİLEYEN FAKTÖRLER/DERLEME

### METHODS FOR AND FACTORS AFFECTING THE EVALUATION OF BOND STRENGTH OF AESTHETIC RESTORATIVE MATERIALS / REVIEW

<sup>1\*</sup>Elif Pınar BAKIR, <sup>1</sup>Şeyhmus BAKIR, <sup>2</sup>Zehra YILDIRIM, <sup>2</sup>Suzan CANGÜL

<sup>1</sup>Yrd. Doç. Dr. Dicle Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, DİYARBAKIR.  
<sup>2</sup>Dt. Dicle Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, DİYARBAKIR.

#### Özet

Estetik restorasyonların yapımı sonrasında yaşanan en büyük problemlerden biri, materyalin diş dokularına bağlanma dayanımıdır. Son yıllarda, restorasyonların kısa ve uzun dönem bağlanma başarısını değerlendiren birçok laboratuvar testi ve klinik deney yapılmıştır. Laboratuvar testlerinde; farklı kuvvetlere karşı diş ve dolgu arasında oluşan gerilim direnci incelenmektedir. Laboratuvar çalışmaları sonucu elde edilen veriler ışığında, materyallerin performansı klinik deneylerle ölçülmelidir. Klinik etkinliğini belirlemek amacıyla kullanılan en önemli kriterler; tutuculuk, kenar bütünlüğü ve renk değişikliğidir. Bağlanma dayanımı sonuçları üzerinde; kullanılan materyal ve uygulama tekniğindeki farklılıklar, klinik çalışma süresi, kavite ve preparasyonların standardizasyonu etkili olmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Estetik restorasyonlar, bağlanma dayanım yöntemleri.

#### Abstract

One of the biggest problems after the application of aesthetic restorations, is bond strength of the material to tooth tissue. In recent years, many laboratory tests and clinical trials have been performed for assessing success connecting of restorations in the short and long-term. In laboratory tests; occurred tensile strength against different forces between the tooth and filling are examined. In light of the data obtained from laboratory studies, the performance of the material should be measured by clinical trials. The most important criteria used to determine of the clinical efficacy; retention, the edge integrity and discoloration. Onto results of bonding strength; differences in the materials used and application techniques; clinical working time, standardizing of cavities and preparations are effective.

**Key words:** Aesthetic restorations, methods for bond strength.

#### Giriş

Diş hekimliğinde kullanılacak restoratif materyallerin fiziksel, mekanik, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin tümünü bünyesinde bulundurmasının yanı sıra sürekliliğini koruyabilmesi de oldukça önemlidir. Dental materyallerin mekanik özelliklerinden biri olan diş dokularına bağlanma potansiyeli, restorasyonların başarısını etkileyen önemli faktörlerden biridir. Özellikle adeziv sistemlerin mine ve dentine bağlanma direncini gözlemek amacıyla kullanılan bağlanma dayanım testlerinin asıl hedefi; çığneme

fonksiyonu karşısında daha dirençli yeni materyallerin piyasaya sürülmesini sağlamaktır (1).

Dişhekimliğinde restoratif materyallerin etkinliğini değerlendirmenin en uygun yolu, klinik deneylerin yapılmasıdır. Ancak, yeni adeziv sistemlerin ya da monomerlerin klinik olarak araştırılması uzun vadeli çalışma gerektirir. Bu yöntem, teknik açıdan oldukça zor ve etik açıdan sorunludur. Günümüzde, bazı restoratif materyallerle ilgili henüz yeterli klinik çalışma yapılmamışken, ürünlerin bir üst jenerasyonu piyasaya sürülmektedir (2-5).

#### İn-Vitro Bağlanma Dayanım Testleri

Bağlanma dayanımının belirlenmesinde, elde edilen verilerin büyük çoğunluğu laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilmiştir. Belirli bir değişkeni incelemeye olanak vermesi, çok sayıda deneysel grubun

#### \*İletişim Adresi

Dr. Elif Pınar BAKIR  
Dicle Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi  
Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı,  
21280 DİYARBAKIR.

E-mail: [elifpoinarbakir@gmail.com](mailto:elifpoinarbakir@gmail.com)

tek bir çalışmada test edilebilmesi, test yönteminin basitliği, çalışma kolaylığı, spesifik veri elde etme hızı ve daha az maliyetli olması gibi avantajlara sahip laboratuvar testleri sayesinde, bağlanmanın etkinliği hakkında klinik çalışma öncesi bilgi edinmek mümkündür. Ancak, in-vitro koşullarda yapılan bu çalışmaların materyallerin klinik performansını yansıttığı konusu tartışmalıdır. Restoratif materyallerin ağız içinde maruz kaldıkları tükürük, mikroorganizma, okluzal kuvvetler ve ısıl değişikliklerin laboratuvar ortamında hazırlanan örnekler tam olarak yansıtılmaması bu yöntemin önemli dezavantajlarıdır. Ayrıca, mine ve dentinin standardize edilemeyen yapısı dolayısıyla in-vitro ortamda karşılaşılan güçlükler, adeziv sistemlerin bağlanma değerlerini etkilemekte ve materyallerin klinik performansı hakkında yanıltıcı olabilmektedir. Bu ve benzeri nedenlerden dolayı, laboratuvar testleri materyallerin klinik performanslarıyla alakalı kesin hüküm veremezler. Bu bakımdan, yapılacak laboratuvar testleri klinik deneylerle tamamlanmalıdır. Diğer bir deyişle, materyallerin performansını belirleyen klinik deneylerin sağlanması laboratuvar testleriyle gerçekleştirilmelidir (2, 3, 6, 7).

Klinik uygulamalar öncesinde, yeni materyal ve tekniklerin denendiği laboratuvar testleri yapılırken, dikkat edilmesi gereken bazı hususlar söz konusudur:

1- Test sonuçlarını etkileyebilecek değişkenler belirlenmeli ve en aza indirilmelidir.

2- Sonuçlar tekrar edilebilir olmalıdır. Aynı materyallerle, aynı şartlarda benzer sonuçlar elde edilebilmelidir.

3- Çalışmada kullanılan aletler yeterli ve deneyin amacına uygun olmalıdır.

4- Cihazların kalibrasyonları tam olarak yapılmalıdır.

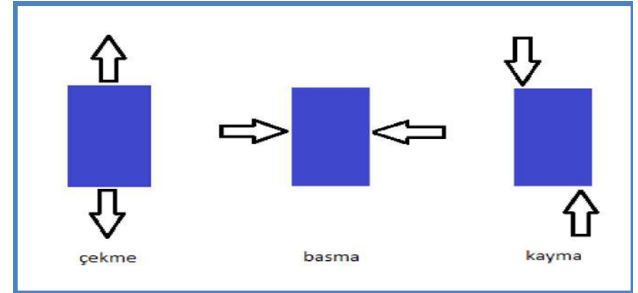
5- Elde edilen değerlerdeki küçük farklılıklar, kabul edilebilir sınırlar içinde olmalıdır.

6- Klinik durumları taklit edebilen farklı işlemler uygulanmalıdır. Laboratuvar koşullarında, ağız içi ortamı taklit eden bütün yaşlandırma yöntemleri aynı zamanda uygulanmalıdır. Çünkü, in-vivo ortamda kendiliğinden gerçekleşen tüm yaşlandırma faktörleri aynı anda oluşmaktadır. Ağız ortamında kendiliğinden ve aynı anda gerçekleşen birçok yaşlandırma faktörünün, birçoğu laboratuvar çalışmasında tek tek

uygulanır (4).

Bu amaçla geliştirilen farklı uygulamalardan bazıları; termal siklus ve mekanik siklus uygulanması, örneklerin suda bekletilmesi, NaOCl solüsyonunda bekletme ve bekletme solüsyonlarına çeşitli enzimlerin eklenmesi şeklindedir. Araştırmalarda daha çok örnekleri suda bekleterek, daha az oranda ise termo-mekanik siklus veya sadece termal siklus uygulayarak ya da enzim kullanılarak yaşlandırma yapılmaktadır. Dolayısıyla, laboratuvar ortamında elde edilen bağlanma dayanım değerleri, materyalin özelliklerini tam anlamıyla yansıtamamaktadır. Bağlanma dayanım değeri olarak kaydedilen veriler; genellikle kullanılan materyalin tipine, uygulanan test yöntemine, uygulanan kuvvet oranına, örneğin boyutu ve geometrisine bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu nedenle deney sonuçları karşılaştırılırken, bulguların bu parametrelerden etkilenebileceği asla unutulmamalıdır (7-19).

Laboratuvar testlerinde; hazırlanan örnekler üzerinde farklı kuvvetlere karşı diş ve dolgu arasında oluşan gerilimler incelenir. Bu gerilimler yönlerine göre; uzama/çekme, sıkıştırma/basma ve makaslama/kayma olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Gerilim Tipleri a: çekme, b: basma, c: kayma

1. Uzama/çekme gerilimi (tensile stress): Diş yüzeyine 90°lik açı ile gelen kuvvetler sonucunda, kütleyi uzatmak veya germek isteyen bir yükün yarattığı deformasyona karşı çıkan kuvvettir.

2. Sıkıştırma/basma gerilimi (compressive stress): Kütle kendisini sıkıştırmaya veya kısaltmaya çalışan bir yük karşılığında karşıya geldiğinde, yüke karşı ortaya çıkan iç kuvvetlere denir.

3. Makaslama/kayma gerilimi (shear stress): Bir kütleyi diğerinin üzerinde

kaydırmaya ya da çevirme hareketine karşı çıkan gerilime verilen isimdir. Kayma gerilimleri restorasyonların klinik başarısızlığında en etkili faktördür. Bağlantının bozulması için, kuvvetin diş yüzeyine paralel olması gerekir (20).

Günümüzde en çok kabul gören laboratuvar test yöntemlerinin başında; bir diştten hazırlanan, çok sayıda örnek üzerinden sonuçların değerlendirildiği, mikrotensile ( $\mu$ TBS) ve mikroshear ( $\mu$ SBS) test yöntemleri gelmektedir (21).

Dental ürünler klinik uygulamaya sunulmadan önce, sonuçlanması uzun zaman alan in-vivo çalışmalar yerine; materyallerin doğru endikasyon dahilinde kullanılmasını sağlamanın yanı sıra mekanik özellikleri ve uzun dönem performansları hakkında da bilgi veren in-vitro çalışmalarla değerlendirilmelidir. Bu çalışmalardan biri olan ve ISO (Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu) standartlarıyla tanımlanan makaslama bağlanma dayanımı testi; en çok kullanılan ve farklı figürasyonları bulunan yöntemlerden biridir. Makaslama dayanımı testleri; dişhekiminin el becerisi, termal siklus varlığı, substratın tipi (mine-dentin), dentin tipi (insan-hayvan), dentinin derinliği, dişlerin depolandığı solüsyon, yüzey preparasyonu, başlık hızı, kalınlığı ve şekli gibi birçok parametreye hassasiyet göstermektedir (22-28).

Bu testler; iki ayrı materyalin bir ajanla bağlandığı yüzeye fraktür oluşana kadar sabit hızla kuvvet uygulanması esasına dayanır. Bağlanma dayanımı; maksimum uygulanan kuvvetin bağlanma yüzey alanına (arayüz alanına) bölünmesiyle hesaplanır. Restoratif materyallerin mine ve dentine bağlanma dayanımlarını değerlendiren bu test yönteminde; kuvvetin uygulandığı uçlar çeşitlidir. Diş yüzeyi ile restorasyon arasındaki bağlantıyı ayıracak şekilde bıçak kenarı, loop (ilmik tel) veya ucu çentikli bir aparat kullanılmaktadır. Bu teknikte, genelde tabanı bir silindir içine gömülmüş örneğe bir uç vasıtasıyla kuvvet uygulanır ve örneğin koptuğu yük tespit edilir. Dikdörtgen tabanlı veya bıçak sırtı şeklinde olabilen bu uçlardan bıçak sırtı şeklinde sonlanan uçlar, kesme kuvveti uygulanacağı zaman tercih edilmelidir. Çünkü dikdörtgen tabanlı uçlar desteksiz kuvvet uygularken, bıçak sırtı şeklinde sonlanan uçlar örneği yüzeyden ayırıcı kuvvet uygular (29-31).

ISO standartlarına göre; aparatın kesici ucunun hızı 0.45 ve 1.05mm/dk arasında olmalı  
Cilt / Volume 16 · Sayı / Number 2 · 2015

ve kesici uc bağlanma yüzeyine en yakın şekilde konumlandırılmalıdır. Ucun bağlanma yüzeyine yakın konumlandırılması güç olan bu tekniğin, bazı standardizasyon eksikliklerinden dolayı, diğer çalışmalarla karşılaştırılması da zordur. Bütün bu sınırlamalara rağmen; güvenilir olması, örnek preparasyonun kolaylığı ve test protokolünün basit ve uygulanabilir olması gibi avantajlara sahiptir (29-31).

Bağlanma dayanımı değerlerinin ne kadar güvenilir olduğunun belirlenmesinde, makaslama dayanımı testi sonrası yapılan kırılma analizlerinin önemi büyüktür. Bu analizler sonucunda, kopma yüzeyleri görsel olarak ya da ışık mikroskobu altında incelenerek başarısızlık tipleri ortaya konulmalıdır. Test sonrası ortaya çıkan kırık tiplerinin değerlendirilmesinde; adeziv, koheziv veya miks (kopma hem arayüzde hem de materyal-substrat içinde) olarak adlandırılan farklı sınıflamalar geliştirilmiştir. Kırılmalar, genellikle rezin içinde veya rezin-diş ara yüzünde meydana gelmektedir (31, 32).

Kompozit rezinlerin yetersiz polimerizasyonu; restorasyonun diş sert dokularına bağlanmasını ve dolayısıyla başarısını olumsuz yönde etkilemektedir. Monomerin polimere dönüşüm miktarına bağlı olarak artan polimerizasyon büzülmesinin en önemli sonucu; kavite duvarları ile kompozit rezin arasında bağlanma sorunlarına neden olan yapı içinde meydana gelen streslerdir. Oluşan streslerin belirlenmesinde; fotoelastik kuvvet, gerilim ölçerli kuvvet, holografik interferometre ile kuvvet, matematiksel kuvvet, kırılma vernik tekniği ve sonlu elemanlar stres analiz yöntemleri kullanılmaktadır (20, 33).

Preparasyon esnasında oluşan stresleri minimize etmek, gerilimin dağılımı ve yönünü belirlemek amacıyla kullanılan fotoelastik kuvvet analiz yönteminde; saydam bir test modelinin polarize edilmiş ışıkla ışınlanması sırasında ortaya çıkan optik efektler gözlenmektedir (33).

Güvenilir sonuçlar veren sonlu elemanlar stres analiz yöntemi (FEM) ise, 1970'lerden itibaren diş hekimliği çalışmalarında yer almıştır. Bu yöntem, bağlantı noktası fazla olan cisimler (delikli veya köklere sahip cisimler) ve dental materyaller gibi karmaşık geometriye sahip maddelerin analizinin kolaylıkla yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bu yöntem, bilgisayar destekli matematiksel bir analiz yöntemidir. İncelenecek

bölgeyi küçük ve basit alanlara ayırarak değerlendiren bu yöntem, “parçadan bütüne gitme” prensibine dayanır. Bu yöntemle tek boyutta, iki boyutta ve üç boyutta analizler yapılabilmektedir. Yöntemin dezavantajları olarak; maliyetinin fazla olması ve analizlerin yapılabilmesi için gerekli donanımın sahip bilgisayar ve software programların gelişen teknolojiyle doğru orantılı olarak güncellenmesi gerekliliği sayılabilir (34).

### Klinik Deneyler

Klinik çalışma esnasında; imkanlar dahilinde tüm detayların verilmesi, araştırmada görev alan araştırmacı sayısının belirlenmesi ve sonuçları değerlendireceklerin birbirlerinden bağımsız olarak değerlendirme yapmalarına özen gösterilmelidir. Çalışmada hangi dişin kullanıldığı, kavite tipi ve diğer özellikler ayrıntılı bir şekilde belirtilmelidir. Bununla birlikte, değerlendirme kriterlerinin sağlam temellere dayalı ve yeterli olması gereklidir. Klinik çalışma sonuçlarını etkileyen diğer faktörler arasında; hastanın ağız hijyeni, kötü alışkanlıkları ve çürük riski yer alır. Klinik çalışmalarda deney tasarımlarının tam olarak standardize edilmemesi nedeniyle, FDI (Dünya Dişhekimleri Birliği) detaylı bir klinik çalışma rehberi oluşturarak araştırmacılara yol göstermeyi hedeflemiştir. Klinik deney yaparken kullanılan ve Ryge kriterleri olarak da bilinen sistemde restorasyonların; renk, anatomik form ve marjinal özellikler açısından değerlendirmesi yapılabilmektedir. 1971 yılında geliştirilen bu ölçüm skalası, USPHS (Amerikan Halk Sağlığı Servisi) tarafından standardize edilmiş olup klinik çalışmaların büyük çoğunluğu bu kriterlere göre yapılmaktadır (35).

Adezivlerin klinik etkinliğini inceleyen çalışmalar, genellikle Sınıf V çürüksüz servikal lezyonlarda yapılmaktadır. Düşük C faktörlü olan ve restorasyonlara makro-mekanik tutuculuk sağlamayan Sınıf V lezyonlar, genellikle birçok dişte birden yaygın olarak bulunur. Özellikle keser ve premolar dişlerin vestibül yüzeylerinde yer alan, diğer kavite tiplerine göre kolayca hazırlanıp değerlendirilebilen bu tür restorasyonlar; hem mine hem de dentin dokusuna bağlanmayı tek bir dişte inceleme olanağı sağlamaktadır. Böylece uygulayıcının hata ihtimali ve sonuçlar üzerindeki etkisi azalmaktadır (2-6).

Adeziv sistemlerin klinik etkinliğini

belirlemek amacıyla kullanılan en önemli kriterler; tutuculuk, kenar bütünlüğü ve renk değişikliğidir. Klinik çalışmalarda restorasyonların başarısını belirleyen en önemli faktör, restorasyonun tutuculuğudur. Kenar bütünlüğünün bozulması sonucu bakteri ve ağız sıvılarının ara yüz boyunca ilerleyerek restorasyonların klinik başarısını olumsuz etkilediği, kenar renklemelerinin ise sekonder çürük oluşumuna sebep olabileceği bildirilmiştir. Kenar çürükleri en sık restorasyonların proksimal-gingival duvarlarında gelişir. Restorasyonlarda kenar renklemesi her zaman çürük oluşumu anlamına gelmeyebilir. Bu ayrımı yapma konusunda laboratuvar testlerinden yararlanılmaktadır (36-41).

Servikal lezyonlarda restorasyonların başarısı; adeziv sistem ve dentin yüzey işlemlerinden etkilenirken, posterior restorasyonların başarısı; dişlerin makromekanik tutuculuğu ve adeziv sistemlerin uzun dönem dayanıklılığından etkilenir. Çürük oluşumunda, adeziv sistemin etkinliğinden başka, hasta ile ilgili faktörler (beslenme alışkanlıkları, s.mutans seviyesi) önemli rol oynar. Kenar sızıntısı ve bağlanma dayanımı arasında direkt bir ilişki olmamasına rağmen, materyallerin farklı şartlar altındaki performansları bağlanma dayanım çalışmalarıyla değerlendirilmektedir (42).

### Tartışma

Estetik restorasyonların yapımı sonrasında renklenme haricinde yaşanan en büyük problem, materyalin diş dokularına bağlanma dayanımıdır. İki materyal arasındaki bağlanma dayanımını öğrenmek için; bağlanma dayanım değerlerinin tespiti gerekir. Çiğneme hareketi esnasında dişlere gelen kuvvetler çok yönlü olup, diş ve restorasyon ara yüzündeki birim alana düşen kuvvet bağlanma dayanımı olarak adlandırılır. Uygulanan kuvvetinin amacı, değer veya sayı elde ederek bu bağlanmanın ne kadar güçlü olduğunu tespit etmektir. Bu testler dental materyallerin klinik kullanımlarının ve etkinliklerinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bağlanma dayanım testi “adezyon kaybı testi” olarak da adlandırılmaktadır. Paralel yönde gelen kuvvetler makaslama stresleri, dik yönde gelen kuvvetler ise gerilme stresleri olarak isimlendirilir. Bağlanma dayanımı testleri, özellikle adezivleri ve kompozit rezinleri

gözlemlemek amacıyla yapılmaktadır (29, 43, 44).

Günümüzde, restorasyonların kısa ve uzun dönem başarısını değerlendiren birçok laboratuvar testi ve klinik deney yapılmaktadır. Materyallerin klinik performanslarını önceden belirleyebilecek kesin bir laboratuvar test yöntemi yoktur. Materyaller; ait oldukları grup, kimyasal yapı ve uygulama protokollerine göre değerlendirilmelidir. Sonuçlar materyal düzeyinde değerlendirildiği takdirde, hatalı sonuçlar elde edilebilir. Adezivlerin farklı koşullar altındaki etkinliğinin incelendiği laboratuvar çalışmalarında, suda veya yapay tükürükte bekletilen örneklerin süreye bağlı yıkımları incelenir. Yeni geliştirilen materyallerin mine ve dentine bağlanma dayanımlarını ölçmek amacıyla; in-vitro ortamda shear (makaslama), mikroshear, tensile (çekme), mikrotensile, push-out ve kırılma dayanım testi gibi metodlar kullanılmaktadır. Bu testler arasında en fazla faydalanılan yöntem, standart ve basit oluşu nedeniyle makaslama dayanım testleridir. Makaslama testinde, iki materyal adeziv ajan aracılığı ile birbirine bağlanır ve arayüzde kırık oluşana kadar arayüze makaslama kuvveti uygulanır. Kuvvet birimleri; pound/inch<sup>2</sup>, kg/cm<sup>2</sup> veya N/mm<sup>2</sup> [Megapaskal (MPa)] olarak ifade edilebilir (21, 26, 29, 31).

Kesme kuvveti uygulandığında sonucu etkileyen diğer bir parametre, yükün uygulanma hızıdır. Makaslama dayanım testlerinde uygulanan hız, başarısızlık tiplerini ve elde edilen bağlanma dayanım değerlerini etkiler. Kırılgan materyallere yük uygulama hızı, elastik materyallere uygulanandan düşük olmalıdır. Kırılma direncinin artması, yükleme hızının artmasına bağlıdır. Bununla birlikte bazı araştırmacılar, yükleme hızı arttıkça materyalin kırılması için yeterli süre oluşmadığından hatalı sonuç elde edilmesi olasılığının arttığını iddia etmişlerdir (44, 45-50).

Çekme testinde; kullanılan materyaller birbirlerinden ayrılana kadar çekme kuvveti uygulanır. Bağlanan yüzeyler, dış yüzeyine dik olarak uygulanan kuvvetle kırılmaktadır. Ayrılmanın gerçekleştiği andaki kuvvetin yüzey alanına bölünmesi ile "çekme bağlanma dayanım değeri" elde edilir. Bu testteki temel problem; örneklerin yapıştırılması ve testin uygulanması esnasında düzgün olmayan arayüz geometrisine bağlı olarak oluşabilecek stresleri önleyebilmek için, test cihazının hizasının korunmasıdır (51).

Mikroçekme testi ise; geçerli ve güvenilir bir yöntem olup, adeziv biyomateryallerin diş yapısına bağlanmasının in-vitro ortamda değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Bu testte, yapıştırılmış test örneklerinden su soğutması altında ince kesitler alınması gerekir. Örneklere elde veya özel aparat kullanılarak çubuk, halter veya kum saati şekli verilir. Örneklerin şekli tasarlanırken; ya dikey yönde 1mm kalınlığında kesitler alınıp bağlantı bölgesine, bağlantı yüzey alanı 1.6mm<sup>2</sup>-1.8mm<sup>2</sup> olacak şekilde, kum saati şekli verilir veya 1x1mm'lik kesitler alınır ve kesit çubuklarına başka bir işlem yapılmadan teste tabi tutulur. Örneklere daha sonra çekme kuvveti uygulanır. Mikrotensile testinde çekme kuvvetinin uygulandığı yük hızı genelde 1mm/dak'dır. Çok küçük ve düzensiz yüzeylerde ölçüm yapılabilmesine imkan veren bu yöntem, SEM incelemelerinin kolay olması, homojen stres dağılımı sağlanabilmesi, bölgesel ve yüksek arayüz bağlantı kuvvetlerinin ölçülebilmesi gibi avantajlara sahiptir. Klinikte en fazla başarısızlık çekme yükleri altında oluşur. Bu nedenle, çekme kuvvetlerinin uygulandığı mikrotensile testiyle klinik uygulamalara daha yakın veriler elde edilmektedir. Bununla birlikte zor ve hassas olan bu tekniğin; fazla zaman alması, örnek hazırlama güçlüğü, özel cihaz gerektirmesi, 5MPa'dan düşük bağlantı dayanımlarını ölçme zorluğu ve kesit alınması sırasında bağlantının olumsuz etkilenmesi gibi dezavantajları mevcuttur (52).

In-vitro bağlanma testlerinde etkili bulunan bir bağlayıcının, klinik performansının da iyi olması beklenir. Ancak, laboratuvar ortamında optimum koşullarda yüksek bağlanma dayanım değeri sergileyen bir bağlayıcı, ağız ortamında fonksiyonda olan çürüksüz servikal lezyonda daha düşük klinik performans sergileyebilir. Restorasyonun başarısının temelinde, adeziv sistemlerin yüksek bağlanma dayanımının yanı sıra, düşük çürük riski bulunan hastalarda iyi bir oral hijyen motivasyonunun da önemli etkisi vardır. Bununla birlikte, laboratuvar ortamında bağlayıcının dentine bağlanma dayanım değerinin zamanla azalmasının ara yüzde sekonder çürüklerin oluşumunu tetiklemesi beklenir. Ancak yapılan uzun dönem klinik çalışmalar, restorasyonların başarısız olmasının daha uzun sürebileceğini göstermiştir. Bu durum; adeziv sistemlerin klinik başarısının sadece bağlayıcı sistemlerin dayanıklılığıyla ilgili olmadığını,

restorasyonların suda bekletmelere karşı dayanıklı olması gerektiğini düşündürmektedir (53-55).

Bununla birlikte; laboratuvar çalışmaları sonucu elde edilen verilerin, ürünlerin klinik performansıyla uyumlu olması idealdir. Bu da ancak, sağlam ve doğru parametreler kullanılmasıyla mümkün olabilir. Ancak, bağlanma dayanım testleri ile ilgili standart ve ayrıntılı bir protokol bulunmadığından dolayı, aynı adeziv materyalin bağlanma dayanımı test bulguları değişik araştırmacılar tarafından farklı tespit edilebilmektedir. Araştırmacılar bağlanma dayanımını etkileyen önemli faktörler arasında; hasta ile ilgili faktörler, kullanılan dişlerin yapısal özellikleri, örnek sayısı ve geometrisi, test öncesi bekletme koşulları ve süresi, termal siklus uygulaması, bağlanma yüzeyi, aynı dişin bölgesel farklılıkları, uygulayıcının deneyim, motivasyon ve becerisindeki farklılıklar ile materyalin kalitesi, uygulama şekli ve test metodunun rol oynadığını belirtmişlerdir (4, 42, 47, 55).

Test örneklerinin suda bekletilme zamanı değişmekle birlikte, bu sürenin 1 gün ile 3 ay arasında değişebildiği bildirilmiştir. Bağlanma dayanımının ölçülmesinde dentin örnekleri üzerinde çalışılırken, örneklerin 37°C'deki suda en az 6 boyunca bekletilmesi gerektiği belirtilmiştir. Suyun sıcaklığı oda sıcaklığı veya simüle edilmiş ağız ortam sıcaklığında olabilmektedir (56).

Yemek, içmek ve nefes almak gibi fizyolojik fonksiyonlar ağız içinde ısı değişikliklerine sebep olur. Bu yüzden dental restoratif materyaller ağız ortamında ısı ve pH değişikliklerine maruz kalmaktadır. Ağız içindeki sıcaklığın yenilen yiyeceklere bağlı olarak, 0°C ile 60-65°C arasında değiştiği belirtilmektedir. Restorasyonlar ile diş arasındaki in-vitro bağlanma dayanımını değerlendirmede, yaşlandırma testi olarak termal siklus kullanılmaktadır. Termal döngü cihazındaki test düzeneğinde örnekler, 0°C ile 60°C arasında değişen iki su banyosuna belirli zaman aralıklarında daldırılmakta ve belirli bir süre bu sıcaklıklara maruz bırakılmaktadır. Termal döngü ile oluşturulan yaşlandırma etkisi iki farklı şekilde oluşur. Termal etki; ilk olarak arayüzdeki bileşenlerin hidrolizini ve suyun alınımını hızlandırmakta, parçalanma ürünlerinin veya zayıf polimerize rezin oligomerlerin açığa çıkmasını hızlandırmaktadır. İkinci olarak ise; restoratif materyalin termal büzülme/genleşme Cilt / Volume 16 · Sayı / Number 2 · 2015

katsayısının diş dokusuyla karşılaştırıldığında daha yüksek olmasını sağlamaktadır. Böylece, diş-biyomateryal arayüzünde tekrarlanan büzülme/genleşme stresleri oluşmaktadır. Bu stresler bağlanma arayüzünde çatlakların oluşumuna yol açarak ağız sıvılarının bu aralığa sızmasına neden olmaktadır. ISO standartlarına göre, sıcaklığı 5°C ve 55°C olan su banyoları içerisinde örneklerin 500 kez daldırılması şeklinde uygulanan termal döngü, uygun bir yapay yaşlandırma test yöntemidir. Yapılan araştırmalar, 10.000 termal döngünün yaklaşık 1 yıllık in-vivo fonksiyonu temsil ettiğini bildirmektedir. Ancak, çalışmalarda termal döngü yöntemine henüz bir standart getirilememiştir. Uygulanan banyonun sıcaklığı, tipi, daldırma zamanı ve banyolar arası transfer zamanında farklılıklar görülmektedir (56).

Yapılan araştırmalarda, çalışmaya başlamadan önce tüm dişlerin aynı koşullar altında saklanması gerektiği belirtilirken, diş çekimini takiben diş örneklerinin dehidratasyondan korunması amacıyla kullanılan bekletme solüsyonlarının bağlanma dayanımı değerleri üzerinde farklı etkiler oluşturduğu bildirilmiştir. Bekletme solüsyonu olarak formalin, sodyum hipoklorit, kloramin, homofiks, distile su, timol, metanol ve glutaraldehit gibi farklı solüsyonları kullanan bazı çalışmalarda ise, saklama koşullarının bağlanma dayanımı değerleri üzerine önemli bir etkisi belirlenememiştir (43, 57).

Bağlanma yüzeyleri; çürükten etkilenmiş dentin, enfekte dentin, sklerotik dentin, derin ya da yüzeysel dentin şeklinde farklılaşmaktadır. Laboratuvar çalışmalarında örnekler sıklıkla abrazyon zımparalar ile hazırlanan yüzeysel sağlam dentinde test edilirken, klinik çalışmalarda genellikle Sınıf V kaviteleer ya da çürüksüz servikal lezyonlarda hazırlanan restorasyonlarda değerlendirme yapılmaktadır. Çürüksüz servikal lezyonlar, genellikle erozyon, abrazyon ve abfraksiyon durumlarında ya da bunların kombinasyonlarında gelişir. Bu lezyonlarda dentin yapısı normal dentine göre hipermineralize olup, sklerotik dentinin varlığıyla karakterizedir. Bu nedenle servikal lezyonlardan elde edilen bağlanma dayanım değerleri, normal dentinden elde edilen bağlanma dayanım değerlerinden daha düşük çıkmaktadır. Diğer bir deyişle, sklerotik dentinden elde edilen bağlanma dayanım değerleri adezivin gerçek performansını yansıtmayabilir. Dolayısıyla, in-vitro ve in-vivo

test sonuçları karşılaştırılırken; in-vitro testlerde materyallerin uygulandığı yüzey ile klinik çalışmalarda kullanılan bağlanma yüzeyleri arasındaki önemli morfolojik ve yapısal farklılıklar göz önünde bulundurulmalıdır (36, 53, 58, 59).

Laboratuvar test yöntemleri ile klinik deneyler arasında net bir ilişki kurulamamasının sebepleri arasında; her iki test yönteminin de yetersiz ve standardize edilmeyen değerlendirme kriterleri, uygun olmayan çalışma dizaynı, test sonuçlarının farklı birçok faktörden etkilenmesi ve klinik deneylerin kısa sürmesi sayılabilir. Bu nedenlerden ötürü, laboratuvar ve klinik çalışmalar arasında ilişki kurarken dikkatli olunmalıdır (47, 60).

### Sonuç

In-vitro bağlanma dayanımı ile klinik çalışmalar arasında ilişkisi kurulabilmesi için, klinik deneylerin 2-3 yıl gibi uzun sürelerde yapılması gerekmektedir. ADA (American Dental Association) verilerine göre bu süre en az 18 ay olmalıdır. Klinik çalışmalarda; kavite ve preparasyon standardını sağlamanın güçlüğü yanında, kullanılan materyal ve uygulama tekniğindeki farklılıklar da bağlanma dayanımı sonuçları üzerinde etkili birer faktördür.

### Kaynaklar

1. Shih W, Lai Y, Liu J, et al. Effects of saliva contamination on the shear bond strength of resin-modified glass ionomer cement to primary teeth dentin. *J Dent Sci.* 2006; 1(3): 101-106.
2. Meerbeek BV, et al. Relationship between bond strength tests and clinical outcomes. *Dent Mater* 2010; 26: 100-121.
3. Peumans M, Munck JD, Landuyt KV, Lambrechts P, Meerbeek BV. Five-year clinical effectiveness of a two-step self-etching adhesive. *J Adhes Dent* 2007; 9: 7-10.
4. Salz U, Bock T. Testing adhesion of direct restoratives to dental hard tissue A Review. *J Adhes Dent* 2010; 12: 343-371.
5. Perdigão J. Dentin bonding-variables related to the clinical situation and the substrate treatment-analyzing bond strength test methods, variables and outcomes. Relationship between bond strength tests and clinical outcomes. *Academy of Dental Materials Annual Meeting-Portland, Oregon, USA; October 29-31, 2009.*
6. Heintze SD, Blunck U, Göhring TN, Rousson V. Marginal adaptation in vitro and clinical outcome of Class V restoration. *Dent Mater* 2009; 25: 605-620.
7. Munck JD, et al. A critical review of durability of adhesion to tooth tissue: Methods and results. *J Dent Res* 2005; 84(2): 118-132.
8. Çelik EU, Aladağ A, Türkün LŞ, Yılmaz G. Color changes of dental resin composites before and after polymerization and storage in water. *J Esthet Restor Dent* 2011; 23(3): 179-188.
9. Shirai K, et al. Effect of cavity configuration and aging on the bonding effectiveness of six adhesives to dentin. *Dent Mater* 2005; 21: 110-124.
10. Hashimoto M, Fujita S, Kaga M, Yawaka Y. In vitro durability of one-bottle resin adhesives bonded to dentin. *Dent Mater J* 2007; 26(5): 677-686.
11. Sadek FT, Goracci C, Cardoso PEC, Tay FR, Ferrari M. Microtensile bond strength of current dentin adhesives measured immediately and 24 hours after application. *J Adhes Dent* 2005; 7: 297-302.
12. Sadek FT, Moura SK, Ballaster RY, Muench A, Cardoso PEC. The effect of long term storage on the microleakage of composite resin restorations-qualitative and quantitative evaluation. *Dent Mater* 2003; 17(3): 261-266.
13. Torkabadi S, Nakajima M, Ikeda M, Foxton RM, Tagami J. Bonding durability of HEMA-free and HEMA containing one-step adhesives to dentine surrounded by bonded enamel. *J Dent* 2008; 36: 80-86.
14. Lodovici E, et al. Does adhesive thickness affect resin-dentin bond strength after thermal/load cycling? *Oper Dent* 2009; 34(1): 58-64.
15. Ana Karina B, Bedran-De-Castro, Pereira PNR, Pimenta LAF. Long term bond strength of restorations subjected to thermo-mechanical stresses over time. *Am J Dent* 2004; 17: 337-341.
16. Gueders AM, Charpentier JF, Albert AI, Geerts SO. Microleakage after thermocycling of 4 etch and rinse and 3 self-etch adhesives with and without a flowable composite lining. *Oper Dent* 2006; 31(4): 450-455.
17. Pashley DH, et al. Collagen degradation by host-derived enzymes during aging. *J Dent Res* 2004; 83(3): 216-221.
18. Braga RR, Meira JB, Boaro LC, et al. Adhesion to tooth structure: a critical review of "macro" test methods. *Dent Mater* 2010; 26(2): 38-49.
19. Tagami J, Nikaido T, Nakajima M YS. Relationship between bond strength tests and other in-vitro phenomena. *Dent Mater* 2010; 26(2): 94-99.
20. Asmussen E, Peutzfeldt A. Polymer structure of a lightcured resin composite in relation to distance from the surface. *Eur J Oral Sci* 2003; 111: 277-279.
21. Armstrong S, et al. Adhesion to tooth structure: a critical review of "micro" bond strength test methods. *Dent Mater* 2010; 26: 50-62.
22. Bek G, Eligüzeloğlu E, Arısu HD, et al. Akışkan Kompozit Rezinlerin Dentine Mikrogerilim Bağlanma Dayanımı Üzerine Etkileri. *GÜ Diş Hek. Fak. Derg.* 2008; 25: 1-6.
23. McDonough WG, Antonucci JM, He J, et al. A microshear test to measure bond strengths of dentin-polymer interfaces. *Biomater* 2002; 23: 3603-3608.
24. Adebayo OA, Burrow MF, Tays MJ. Bond strength test: Role of operator skill. *Aust Dent J* 2008; 53(2): 145-150.
25. Lassila LV, Tezvergil A, Dyer SR, et al. The bond strength of particulate-filler composite to differently oriented fiber-reinforced composite substrate. *J Prosthodont* 2007; 16(1): 10-17.
26. Hara AT, Pimenta LA, Rodrigues AL. Jr. Influence of cross-head speed on resin- dentin shear bond strength. *Dent Mater* 2001; 17(2): 165-169.
27. Pecora N, Yaman P, Dennison J, et al. Comparison of shear bond strength relative to two testing devices. *J Prosthet Dent* 2002; 88(5): 511-515.
28. Oliveira ACC, Oshima HMS, Mota EG, et al. Influence of chisel width on shear bond strength of composite to enamel. *J Dent Sci* 2009; 24(1): 19-21.
29. Aydoğan Bölükbaşı, İ. Farklı Preparasyon Teknikleri Uygulanmış Kompozit Lamine Veneer Restorasyonların İncelenmesi, Doktora Tezi, Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı, İzmir, 2011.
30. Behr M, Rosentritt M, Bettermann K, et al. The influence of electron beam irradiation on the shear bond strength of glass-reinforced frameworks and veneer composites. *J Mater Sci Mater Med* 2006;17(7):659-665.

31. İlday Özakar, N. Farklı fiberlerle güçlendirilmiş kompozit rezinin mine ve dentine bağlanma dayanımının makaslama testi metoduyla değerlendirilmesi ve kırılma yüzey alanlarının taramalı elektron mikroskopuyla incelenmesi, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2010.
32. Lührs AK, Guhr S, Günay H, et al. Shear bond strength of self-adhesive resins compared to resin cements with etch and rinse adhesives to enamel and dentin in-vitro. Clin Oral Invest 2010; 14: 193-199.
33. Sonugelen M, Artunç C.: Ağız protezleri ve biyomekanik. İzmir, 2002 E.Ü.Basımevi, s.1-13.
34. Ramoğlu S, Ozan O. Diş hekimliğinde sonlu elemanlar stres analiz yöntemi. Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak. Derg. 2014;9;175-180.
35. Bayne SC, Schmalz G. Reprinting the classic article on USPHS evaluation methods for measuring the clinical research performance of restorative materials. Clin Oral Investig 2005; 9: 209-214.
36. Peumans M, et al. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. Dent Mater 2005; 21: 864-881.
37. Browning WD, Brackett WW, Gilpatrick RO. Two-year clinical comparison of a microfilled and a hybrid resin-based composite in non-carious Class V lesions. Oper Dent 2000; 25: 46-50.
38. Tyas MJ, Burrow MF. Three-year clinical evaluation of One-step in non-carious cervical lesions. Am J Dent 2002; 15: 309-311.
39. Mjör IA. Clinical diagnosis of recurrent caries. J Am Dent Assoc 2005; 136: 1426-1433.
40. Andersson-Wenckert IE, van Dijken JW, Kieri C. Durability of extensive Class II open-sandwich restorations with a resin-modified glass ionomer cement after 6 years. Am J Dent 2004; 17: 43-50.
41. Guzman-Armstrong S, Armstrong SR, Qian F. Relationship between nanoleakage and microtensile bond strength at the resin-dentin interface. Oper Dent 2003; 28: 60-66.
42. Heintze S. Clinical relevance of tests on bond strength, microleakage and marginal adaptation. Dent Mater 2013; 29: 59-84.
43. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. Oper Dent. 2003; 28(3): 215-235.
44. Pekkan G, Hekimoğlu A. Evaluation of shear and tensile bond strength between dentin and ceramics using dual-polymerizing resin cements. J Prosthet Dent. 2009; 102: 242-252.
45. Bakır EP, İnce B, Bahşi E, Dallı M. Dört farklı laminate veneer restorasyon materyalinin mikrosızıntı açısından değerlendirilmesi, Dicle Diş Hek. Derg. 2012; 13(1): 12-19.
46. Önal B. Restoratif Diş Hekimliğinde Maddeler Bilgisi, İzmir, 2001 E.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Yayınları no:15.
47. Heintze SG, Thunpithayakul C, Armstrong SR, Rousson V. Correlation between microtensile bond strength data and clinical outcome of Class V restorations. Dent Mater 2011; 27: 114-125.
48. Stamatacos-Mercer C, Hottel TL. The validity of reported tensile bond strength utilizing non-standardized specimen surface areas. An analysis of in-vitro studies. Am J Dent 2005; 18: 105-108.
49. Scherrer SS, Cesar PF, Swain MV. Direct comparison of the bond strength results of the different test methods: a critical literature review. Dent Mater 2010; 26: 78-93.
50. De Munck J, et al. Meta-analytical review of parameters involved in dentin bonding. J Dent Res 2012; 91: 351-357.
51. Nikaido T, et al. Tensile bond strengths of resin cements to bovine dentin using resin coating. Am J Dent. 2003; 16: 41-46.
52. Poitevin A, et al. Critical analysis of the influence of different parameters on the microtensile bond strength of adhesives to dentin. J Adhes Dent. 2008; 10: 7-16.
53. Carvalho RM, Manso AP, Geraldini S, Tay FR, Pashley DH. Durability of bonds and clinical success of adhesive restorations. Dent Mater 2012; 28: 72-86.
54. Yazici AR, Celik C, Özgünaltay G, Dayangaç B. The effects of different light-curing units on the clinical performance of nanofilled composite resin restorations in non-carious cervical lesions: 3-year follow-up. J Adhes Dent. 2010; 12(3): 231-236.
55. Van Landuyt KL, et al. A randomized controlled clinical trial of a HEMA free all-in-one adhesive in non-carious cervical lesions at 1 year. J Dent 2008; 36: 847-855.
56. Mair L, Padipatvuthikul P. Variables related to materials and preparing for bond strength testing irrespective of the test protocol. Dent Mater. 2010; 26: 17-23.
57. Tosun G, Şener Y, Şengül A. Kompozit rezinin mineye bağlanma dayanımı üzerine farklı saklama solüsyonlarının etkisi. Haccettepe Diş Hek. Fak Derg. 2005; 29(3): 2-6.
58. Tay FR, Pashley DH. Resin bonding to cervical sclerotic dentin: a review. J Dent 2004; 32: 173-196.
59. Aw TC, Lepe X, Johnson GH, Mancl L. Characteristics of noncarious cervical lesions: a clinical investigation. J Am Dent Assoc 2002; 133: 725-733.
60. Heintze S. Systematic Reviews: I. The correlation between laboratory tests on marginal quality and bond strength. II. The correlation between marginal quality and clinical outcome. J Adhes Dent 2007; 9: 77-106.