

İn Vitro Bağlanma Dayanım Testleri ile Klinik Çalışmalar Arasındaki İlişki

The Correlation Between Laboratory Bond Tests and Clinical Outcome

Neslihan TEKÇE

Ataşehir Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi, İstanbul

Özet

Son yıllarda adeziv teknolojide hızlı ve büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Günümüz adezivlerinde mineye etkin bağlanma sağlanırken, dentinin karmaşık yapısından dolayı bu dokuda bağlanmayı sağlamak mineye kıyasla daha zordur. Dentin kompozisyonu ve yapısındaki heterojeniteler, dentin yüzey özellikleri, adezivlerin fiziko-kimyasal özellikleri dentine bağlanmayı etkileyen en önemli etkenlerdir. Günümüzde bağlanma ara yüzeyi ile ilgili elde edilen çoğu veri laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilmiştir. Klinisyenlerin yaşadığı sorun ise, laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen verilerin adezivin klinik performansını yansıtıp yansıtmadığının hala net olarak belirlenememesidir. Bu iki veri arasında ilişki olduğunu bildiren birkaç çalışma haricinde, laboratuvar ve klinik veriler arasındaki ilişki kurmayı deneyen çoğu çalışmacı bu konuda bir sonuca varamamıştır. Bu derlemenin amacı, *in vitro* koşullarda yapılan adeziv bağlanma dayanım testlerinin, klinikte elde edilen verileri destekleyip desteklemediğini tartışmaktır.

Anahtar sözcükler: Bağlanma Dayanıklılığı, In vitro, In vivo, Sınıf V kavite, Klinik Deney

Abstract

Adhesive technology has undergone great progress in the last decade. Bonding to enamel has been proven to be durable, bonding to dentin is more complicated. These include the heterogeneity of the structure and composition of dentin, the dentin surface characteristics, physicochemical properties of the adhesives, among other variables. Most of the current knowledge of bonded interface originated from laboratory studies. The question as to whether these laboratory outcomes are somehow related or can be predictive of clinical performance remains dubious. Except for a few weak relationships, most of the attempts to correlate laboratory and clinical data are inconclusive. The aim of this study was to review the clinical outcome of Class V restorations support with in vitro bond strength test's data or not.

Keywords: Bond Strength, In vitro, In vivo, Class V cavity, Clinical Trial.

Giriş

Klinik deneyler, restoratif materyallerin etkinliğini değerlendirmenin en uygun yoludur.^{1, 2} Ancak yeni adeziv sistemlerin ya da monomerlerin klinik olarak araştırılması teknik ve etik olarak genellikle zordur. Günümüzde çok az uzun dönem klinik çalışma yapılmaktadır ve hala bazı materyallerin yeterli klinik çalışması yapılmadan üzerine yeni jenerasyon ürünler eklenmektedir.^{3, 4} Bu nedenle, diş hekimliğinde laboratuvar çalışmaları sıklıkla tercih edilmektedir. Ayrıca, laboratuvar testlerinin daha az maliyetlerde olması, adeziv teknolojideki hızlı değişim ve klinik çalışmaların uzun zaman alması da araştırmacıların deney yaparken laboratuvar test yöntemlerini tercih etmelerine sebep olmaktadır. Ancak, ağız ortamında restoratif materyallerin maruz kaldıkları kuvvetler, ısıl değişiklikler, mikroorganizma ve tükürük

özelliklerindeki farklılıklar, laboratuvar ortamında hazırlanan örneklere tam olarak yansıtılamayabilir.^{1, 2} Bunun haricinde laboratuvar çalışmaları mine ve dentinin standardize edilemeyen yapısı dolayısıyla da zorlaşmaktadır. *In vitro* ortamda karşılaşılan bu farklılıklar, adeziv sistemlerin bağlanma değerlerini etkileyerek, bu sistemlerin klinik performansı hakkında yanıltıcı bilgi verebilmektedir.⁵ Bu nedenlerden ötürü, laboratuvar testleri materyallerin klinik performansları ile ilgili kesin bir hüküm veremezler. Laboratuvar testleri, klinik deneylerle birlikte seyretnmeli ve iki yöntem birbirinin tamamlayıcısı olmalıdır. Materyallerin performanslarını belirleyen esas yöntem klinik deneyler olmakla birlikte, laboratuvar testleri klinik testlerin sağlanması şeklinde olup araştırmacılar için vazgeçilmezdir.⁶

BAĞLANMA DAYANIM TESTLERİ

Adeziv sistemlerin etkinliğini incelemek amacıyla en sık kullanılan testler bağlanma dayanım testleridir. Bağlanma dayanım testleri, geleneksel olarak bir dişten veya bir diş yüzeyinden örnekler hazırlanarak, bu örneklerin daha sonra kayma (shear), çekme (tensile) ya da kırma kuvvetlerine karşı dayanımını inceler. Günümüzde en çok kabul gören laboratuvar test yöntemleri, bir dişten çok sayıda örnek hazırlanarak, sonuçların bu örnekler üzerinden değerlendirildiği mikrotensile (μ TBS) ve mikroshear (μ SBS) test yöntemleridir.⁷

İdeal bağlanma dayanım testi, düşük teknik hassasiyette, kolay ve nispeten hızlı uygulanabilir olmalıdır. Genel olarak laboratuvar testlerinin avantajları şu şekilde sıralanabilir;⁸

- 1- Spesifik parametre ve özelliklerle ilgili veri elde etmek hızlıdır,
- 2- Test metodolojisi nispeten kolaydır,
- 3- Belirli bir değişkenin incelenmesine olanak sağlar,
- 4- Yeni deneysel materyal veya tekniğin, güncel altın standart performans ile karşılaştırılmasına olanak sağlar,
- 5- Çok sayıda deneysel grup tek bir çalışmada test edilebilir,
- 6- Nispeten basit ve pahalı olmayan protokol ve aletlerle çalışılabilmeyle olanaklı kılar.⁸

Laboratuvar testleri, yeni materyal ve tekniklerin klinik olarak uygulanmalarından önce denemek maksadıyla uygun testlerdir. Ancak laboratuvar testleri yapılırken dikkat edilmesi gereken hususlar vardır;⁹

Sonuçlar tekrar edilebilir olmalıdır. Aynı şartlar altında aynı materyaller aynı sonuçları sergileyebilmelidir.

Test sonuçlarını etkileyebilecek değişkenler belirlenmeli ve en aza indirilmelidir.

Elde edilen değerlerdeki farklılıklar, kabul edilebilir aralıklar içinde ve düşük oranda olmalıdır.

Çalışmada kullanılan aletler deneyin amacına uygun ve yeterli olmalıdır. Cihazlarının kalibrasyonları tam olarak yapılmalıdır.

Ayrıca laboratuvar çalışmalarında, klinik durumları taklit eden farklı prosedürlerin uygulanması amaçlanmalıdır.³

In vivo ortamda bütün yaşlandırma faktörleri kendiliğinden ve aynı zamanda oluşur. Bu nedenle laboratuvar çalışmalarında, ağız ortamına benzeyen koşulları taklit eden bütün yaşlandırma yöntemleri aynı anda uygulanmalıdır. Bu amaçla çeşitli protokoller geliştirilmiştir. Örneklerin suda bekletilmesi, bekletme solüsyonlarına çeşitli enzimlerin eklenmesi, termal

siklus ve mekanik siklus uygulaması, NaOCI solüsyonunda bekletme bunlardan bazılarıdır. Ağız ortamında kendiliğinden ve aynı anda gerçekleşen birçok yaşlandırma faktörü, çoğu laboratuvar çalışmasında tek tek uygulanır. Araştırmaların büyük bir kısmında örnekler suda bekletilerek¹⁰⁻¹⁷ bir kısmında termo-mekanik siklus uygulayarak^{18,19} bir kısmında sadece termal siklus uygulayarak²⁰⁻²², bir kısmında ise enzim uygulanarak²³ yaşlandırılmaktadır. Bu sebeple laboratuvar ortamında elde edilen bağlanma dayanım değerlerinin materyalin özelliklerini tam olarak yansıtmadığı unutulmamalıdır. Elde edilen veriler deneysel etkenlere bağlıdır. Kompozitin tipi, uygulanan kuvvet oranı, örnek büyüklüğü ve geometrisi, test metodu da elde edilen verileri etkileyebilir.²⁴ Bu nedenle deneylerin sonuçları karşılaştırılırken, sonuçların bu parametrelerden etkilenebileceği unutulmamalıdır.⁸

KLİNİK DENEYLER

Birçok araştırmacı, klinik deney yaparken Ryge kriterlerini kullanmaktadır. Ryge, restorasyonların değerlendirmesini standardize etmek amacıyla 35 yıl önce bu ölçüm skalasını geliştirmiştir.²⁵ Günümüzde Ryge kriterleri, United States Public Health Service tarafından UHPHS²⁶ kriterleri olarak standardize edilmiştir ve çoğu klinik çalışma artık bu UHPHS kriterlerine göre yapılmaktadır.

FDI World Federation, klinik çalışmalarda deney dizaynlarının tam olarak standardize edilmemesi nedeniyle, araştırmacılara yol gösterecek detaylı bir klinik çalışma rehberi sunmuştur.²⁷ Klinik çalışmalar yapılırken, araştırmacıların özellikle dikkat etmesi gereken konular vardır. Çalışmalarda mümkün olduğunca bütün detaylar verilmelidir. Çalışmada yer alan araştırmacı sayısı belirlenmeli ve sonuçları değerlendiren araştırmacılar birbirlerinden bağımsız olarak değerlendirme yapmalıdır. Ayrıca değerlendirme kriterlerinin yeterli, geçerli ve sağlam temellerde olması gerekmektedir. Hastanın parafonksiyonel alışkanlıkları, ağız hijyen özellikleri ve çürük riski klinik çalışmaların sonuçlarını önemli oranda etkiler. Çalışmada hangi dişin kullanıldığı, kavite tipi ve kenar lokasyonları detaylı olarak belirtilmelidir.²⁷

Adeziv sistemlerin klinik etkinliğini belirlemek amacıyla kullanılan en önemli kriterler tutuculuk, kenar bütünlüğü ve renk değişikliğidir. Dünya genelinde sınıf V kavite ile yapılan klinik çalışmalarda restorasyonların başarısını belirleyen en önemli ölçüt ise restorasyonun tutuculuğu yani retansiyonudur.²⁸⁻³⁰

Klinik olarak, restorasyonlar kenar renklemelerinden dolayı sıklıkla başarısızlığa uğrarlar.³¹ Bazı araştırmacılar^{31, 32} restorasyonlardaki kenar renklemesinin ikincil çürüklerin oluşumuna sebep olduğunu bildirirken, bazı araştırmacılar³³⁻³⁵ kenar renklemesinin çürük oluşumunun başlangıcı ya da belirleyicisi olmadığını ileri sürmüşlerdir. Andersson-Wenckert ve arkadaşları ise ara yüz örtücülüğünün bozulması sonucu bakteri ve ağız sıvılarının ara yüz boyunca ilerleyerek, restorasyonların klinik başarısını tehlikeye soktuğunu bildirmişlerdir.³⁶

Kenar sızıntısı ve bağlanma dayanımı arasında direkt bir ilişki olmasa da, bağlanma dayanım çalışmaları sıklıkla materyallerin farklı şartlar altındaki performanslarını incelemek amacıyla yapılır.³⁷ Materyallerin klinik başarısını geliştirmek amacıyla uygulanan birçok yöntem, laboratuvar çalışmalarında da kullanılabilir. Adezivin uygulama süresinin uzatılması, etanol uygulaması, solventin ılık hava uygulaması ile buharlaştırılması, proteinaz enzim inhibitörleri kullanımı bunlardan bazılarıdır. Bağlayıcının performansını geliştiren bu stratejilerin etkinliğini laboratuvar ortamında incelemek mümkünken,^{38, 39} klinik olarak çok azının kontrolü mümkündür.⁴⁰⁻⁴²

Klinik deneyler yapılırken araştırmacıların dikkat etmesi gereken önemli hususlar şu şekildedir;⁴³

Kenar çürükleri en sık restorasyonların proksimal-gingival duvarlarında gelişir. Çürük oluşumunda, adeziv sistemin etkinliğinden başka, hasta ile ilgili faktörler (beslenme alışkanlıkları, S.mutans seviyesi) önemli rol oynar.

Restorasyonlarda kenar renklemesi her zaman çürük oluşumu anlamına gelmeyebilir. Laboratuvar testleri bu ayrımı yapma konusunda yardımcı olur.

Servikal lezyonlarda restorasyonların başarısı, adeziv sistem ve dentin yüzey işlemlerinden etkilenir.

Posterior restorasyonların başarısı ise, dişlerin makromekanik tutuculuğu ve adeziv sistemlerin uzun dönem dayanıklılığından etkilenir.⁴³

NEDEN ÇÜRÜKSÜZ SEVİKAL LEZYONLAR?

ADA (American Dental Association) adeziv sistemlerin klinik etkinliğinin ideal olarak çürüksüz servikal lezyonlar ile belirlendiğini bildirmiştir.⁴⁴ Adezivlerin etkinliğini inceleyen klinik çalışmaların genellikle sınıf V çürüksüz servikal lezyonlarda yapılmasının çeşitli sebepleri vardır;¹ (1) sınıf V kavite, restorasyonlara makro-mekanik tutuculuk sağlamazlar, (2) sınıf V restorasyonların kenarları hem mine hem dentin dokusu içerdiği için, araştırmacılar her iki dokuya olan bağlanmayı, tek bir dişte inceleme olanağı bulur (3)

sınıf V lezyonlar genellikle keser ve premolar dişlerin vestibül yüzeylerinde yer alır, böylece hem restorasyonun hazırlanması, hem de değerlendirilmesi kolaylıkla sağlanmış olur, (4) sınıf V kavitenin hazırlanması ve restorasyonun tamamlanması diğer kavite tiplerine göre daha kolaydır, böylece uygulayıcının hata ihtimali ve sonuçlar üzerindeki etkisi azalmış olur, (5) sınıf V lezyonlar genellikle aynı ağızda ve yaygın olarak birçok dişte birden bulunur, (6) sınıf V lezyonlar, düşük C faktörlü kavitelere aittir. Bu düşük C faktörü, kompozitin mekanik özelliklerinin bağlanma ara yüzeyi üzerindeki etkisini en aza indirir.¹

LABORATUAR TESTLERİ İLE KLİNİK ÇALIŞMALARIN İLİŞKİSİ

Klinik olarak bağlanma yüzeyleri, çürükten etkilenmiş dentin, enfekte dentin, sklerotik dentin, derin ya da yüzeyel dentin şeklinde farklılaşabilir. Ancak laboratuvar çalışmalarında sıklıkla abrazyon zımparalar ile hazırlanan, yüzeyel sağlam dentinde örnekler test edilmektedir. Klinik çalışmalarda ise adezivin etkinliği genellikle sınıf V kavite ya da çürüksüz servikal lezyonlarda hazırlanan restorasyonlarda değerlendirilmektedir.²⁸ Bu şekilde kavitede tutuculuk faktörü olmadan, bağlayıcının gerçek etkinliğinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Çürüksüz servikal lezyonlar, genellikle sklerotik dentinin varlığıyla karakterizedir. Bu nedenle bağlayıcı sistemlerin etkinliği değerlendirirken sklerotik dentinin, normal dentine göre olan yapısal farklılıkları göz önünde bulundurulmalıdır.⁴² Çürüksüz servikal lezyonların gelişimi multifaktoriyeldir. Bu lezyonlar genellikle erozyon, abrazyon ve abfraksiyon durumlarında ya da kombinasyonlarında gelişir. Bu nedenle çürüksüz servikal lezyonlar ağız içindeki diğer lezyonlardan farklıdır. Ayrıca bu lezyonlarda dentin yapısı normal dentine göre hipermineralizedir ve dentin tübülleri sklerotik tıkaçlar ile kapanmıştır.^{45, 46} Dolayısıyla *in vitro* ve *in vivo* test sonuçlarını karşılaştırırken *in vitro* testlerde materyallerin uygulandığı yüzey ile klinik çalışmalarda kullanılan bağlanma yüzeyleri arasındaki önemli morfolojik ve yapısal farklılıklar^{46, 47} göz önünde bulundurulmalıdır. Çürüksüz servikal lezyonların yapısındaki bu farklılıklar, bu dokudan elde edilen bağlanma dayanım değerlerinin, normal dentinden elde edilen bağlanma dayanım değerlerinden düşük olmasına sebep olur. Diğer bir deyişle, sklerotik dentinden elde edilen bağlanma dayanım değerleri adezivin gerçek performansını yansıtmayabilir.⁴² Tay ve arkadaşları, çürüksüz servikal lezyonlardan elde edilen

bağlanma dayanım değerlerinin normal dentinden elde edilen bağlanma dayanım değerlerinden %20- 50 oranında düşük olduğunu ileri sürmüşlerdir.⁴⁶ Bu nedenle, bağlanma dayanımı ile çürüksüz servikal lezyonlarla yapılan klinik çalışmalar arasında ilişki kurulurken, yapay olarak aşınmış dişlerde bağlanma deneylerinin yapılmış olması gerekmektedir.⁴⁸

Laboratuvar çalışmaları, adezivlerin farklı koşullar altındaki etkinliğini incelemeyi hedefler. Örneğin dayanıklılık testleri suda ya da yapay tükürükte bekletilen örneklerin süreye bağlı yıkımlarını inceler. Laboratuvar ortamında kısa dönemde gerçekleşen ara yüz yıkımı ile restorasyonun erken dönemde klinik başarısızlığa uğrayacağı sonucuna varılabilir. Ancak kurulan bu orantı klinik literatürler ile desteklenememektedir. Laboratuvar ortamında yapılan bağlanma dayanıklılığı testlerinde bağlayıcı yıkımı nispeten kısa sürede gerçekleşir, ancak klinik çalışmalarda aynı yıkım çok daha uzun sürelerde gerçekleşmektedir.^{49- 51} Bu durum iki şekilde açıklanabilir; ya laboratuvar ortamında belirli sürede gerçekleşen bağlayıcı yıkımının mekanizması klinik olarak aynı oranda gerçekleşmez ya da restorasyonların klinik başarısında bağlayıcı yıkımının etkisi ikincil rol oynamaktadır.⁴²

Eğer bağlayıcıların dentine bağlanma dayanım değerleri süreye bağlı olarak azalır, ara yüzde restorasyonların klinik başarısızlığına sebep olan ikincil çürüklerin gelişmesi beklenir. Ancak uzun dönem klinik çalışmalarda, restorasyonların başarısızlığı çok uzun sürelerde dahi gerçekleşmeyebilir.^{49, 50, 51} Bu durum, adeziv sistemlerin klinik başarısının sadece bağlayıcı sistemlerin dayanıklılığı ile ilgili olmadığı anlamına gelebilir. Restorasyonların uzun ömürlü olabilmesi için, adeziv sistemlerin hem yüksek bağlanma dayanım değeri sergilemesi, hem de suda bekletmelere karşı dayanıklı olması gerekmektedir.⁴²

Restorasyonların kısa ve uzun dönem başarısını değerlendiren birçok klinik ve laboratuvar testi yapılmaktadır. Fakat, farklı araştırmacılar aynı materyallerin bağlanma dayanımlarını farklı tespit etmişlerdir. Bu farklılık aynı materyalin *in vitro* ve *in vivo* test sonuçlarında da görülmektedir.³ Örneğin Adper Prompt L Pop'un çürüksüz servikal lezyonlarda 1 yıl içindeki tutuculuk kaybı bir çalışmada %35⁵², bir çalışmada %13.5⁵³ bir çalışmada ise %4⁵⁴ olarak tespit edilmiştir. Aynı adeziv sistemin klinik deneylerdeki sonuçlarının farklı elde edilmesinde uygulayıcının deneyim, motivasyon ve becerisi,^{55- 57} hasta ile ilgili faktörler ve materyallerin teknik hassasiyetinin rolü olabildiği gibi, bununla ilgili net bir kanıt

bulunmamaktadır.⁵⁸ Ayrıca çoğu klinik çalışmada deney dizaynı ve değerlendirme kriterleri yetersiz tanımlanmaktadır, bu durum ise materyallerin klinik performansı hakkında farklı verilerin elde edilmesinde sebep olabilir.²⁷ Yine aynı materyal Adper Prompt L Pop'un *in vitro* μ TBS bağlanma dayanım değerleri Shirai ve ark. tarafından 14.8MPa,¹³ Silva ve ark. tarafından 11.9 MPa,⁵⁹ Ülker ve ark. tarafından 21,6 MPa,⁶⁰ Sadek ve ark. tarafından 30.5MPa¹⁵ olarak tespit edilmiştir. Adeziv materyallerin verilerinin farklı elde edilmesinde; çalışma düzeneğindeki ve uygulayıcının deneyimindeki farklılıklar, kopma modları, test öncesi (pre-test) kopmaların istatistik hesaplamasına katılıp katılmaması, çapraz başlık hızı, suda bekletme süresi, termal siklus uygulaması, kompozitin tipi, dentin yüzey işlemleri, örnek sayısı ve geometrisi, bağlanma yüzeyleri, aynı dişin bölgesel farklılıkları gibi birçok faktörün rolü olabilir.^{3, 43} Günümüzde bağlanma dayanım testleri ile ilgili standart ve ayrıntılı bir protokol bulunmadığından dolayı, aynı materyal için farklı araştırmacılar farklı bağlanma dayanım değerleri elde edilebilmektedir.⁴³ Ancak sağlam ve doğru parametreler kurulduğunda, adezivlerin diş dokularına bağlanma kapasitesi ile bu materyallerin klinik performansları arasında ilişki kurulabilir.^{61- 63} İdeal olan *in vitro* ve *in vivo* çalışmaların verilerinin paralel olmasıdır. Yani laboratuvar çalışmaları sonucu elde edilen verilerin, ürünlerin klinik performansını bildirici nitelikte olması gerekmektedir.³ Bununla bir takım örnekleri vardır. Örneğin laboratuvar çalışmalarında sürekli olarak düşük bağlanma dayanım değeri sergileyen tek aşamalı self-etch adeziv sistemler, klinik olarak da düşük performans sergilerler. Benzer şekilde altın (gold) standart olarak adlandırılan adeziv sistemler (üç aşamalı etch & rinse sistem Optibond FL ve iki aşamalı self-etch sistem Clearfil SE Bond), klinik olarak da laboratuvar çalışmalarında da üstün performans sergilemektedir.¹ Bunun yanında ADA (American Dental Association), klinik çalışmaların süresini en az 18 ay olarak belirlemiştir.⁴⁴ Bu nedenle çoğu klinik çalışma 2-3 yıl süresinde yapılmaktadır. Bağlanma dayanımı ile klinik çalışmaların arasında ilişkisi kurulabilmesi için, klinik deneylerin daha uzun sürelerde yapılması gerekmektedir.⁵⁸

Kısaca, adeziv sistemlerin laboratuvar ve klinik etkinliği farklı kriterler ile değerlendirilir. *In vitro* bağlanma testlerinde etkin bulunan bir bağlayıcının, klinik performansının da iyi olması beklenir. Ancak bu durum, klinik olarak iyi motive olan ve düşük çürük risk grubu hastalar için geçerlidir. Adeziv sistemlerin yüksek

bağlanma dayanımı, hasta motivasyonu ve iyi ağız hijyeni adeziv restorasyonun başarısının temelidir. *In vitro* dayanıklılık çalışmalarında oluşan rezin-dentin yıkımı, aynı bağlayıcının klinik olarak başarısızlığa uğrama süresine göre daha kısa sürede gerçekleşir. Bu durum bağlayıcı ara yüzey dayanıklılığının, restorasyonların klinik başarısında ikincil rol oynadığı anlamına gelebilir. Ayrıca, laboratuvar ortamında optimum koşullarda yüksek bağlanma dayanım değeri sergileyen bir bağlayıcı, ağız ortamında fonksiyonda olan çürüksüz servikal lezyonda düşük klinik performans sergileyebilir.⁴²

Pubmed'de dental materyallerin bağlanma dayanımı ile ilgili ilk çalışma 1965 yılında Bowen tarafından yapılmıştır.⁶⁴ Bu çalışmadan sonra günümüze kadar 4960 makalede bağlanma dayanımı incelenmiştir. Bunlardan 2695'inde dentine bağlanma, 1545'inde ise mineye bağlanma (1955- 2012 yılları arasında) incelenmiştir. Bu testler shear, tensile, mikrotensile mikroshear, push-out ve kırılma dayanım testleridir. Bütün bu çalışmaların içinde çok azı bağlanma dayanım değerlerinin sonuçlarını etkileyebilecek değişkenleri açıklamıştır. 4960 makaleden 12'sinde, aynı bağlayıcı ajan için farklı çalışmalarda farklı bağlanma dayanım değerleri elde edilmesinin sebebini derlenmiştir.^{7, 65- 75} Diğer yüzlerce çalışmada farklı adeziv sistemler, kompozit materyali, bağlanma yüzeyleri gibi farklı değişkenler incelenmiştir. Bu çalışmalarında birçoğunda belirli materyallere odaklanılmıştır. Bağlanma dayanım testleri ve klinik deneyler arasındaki ilişkinin ilk olarak incelenmesi 2010 ve 2011 yıllarında yapılmıştır.⁴³

Purk ve arkadaşları, adezivlerin *in vivo* ortamda uygulandıklarında elde edilen bağlanma dayanım değerlerinin, *in vitro* olarak uygulandıklarında elde edilen bağlanma dayanım değerlerinden düşük olduğunu bildirmişler ve bunun sebebini ağız ortamında adeziv ile kompozitin uygulama ve yerleştirilmesindeki teknik zorluklar olduğunu ileri sürmüşlerdir.⁷⁶

Heintze ve arkadaşları, 15 farklı adeziv sistemin (Adper Scotchbond MP, All-Bond2, Optibond FL, PermaQuick, Prime&Bond NT Dual Cure, Clearfil SE Bond, Syntac, Adper Prompt L Pop, Futurabond NR, İ Bond, Xeno III, Fuji Bond LC, Fuji II LC, Ketac-Fil Plus, Vitramer) mikrogerilim bağlanma test sonuçları ile aynı adeziv sistemlerin sınıf V restorasyonlardaki klinik sonuçları arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Araştırmacılar hazırlanan örnekleri 6 ay suda bekletmişler ve bağlanma dayanım değerlerindeki değişimi incelemişlerdir. Diğer taraftan, aynı adeziv sistemleri klinik olarak

uygulamışlar ve bu adeziv sistemlerin 18 ay süresinde tutuculuk kaybı (retention loss), kenar renklemesi (marginal discoloration) ve kenar bütünlüğündeki (marginal integrity) değişimi incelemişlerdir. Araştırmacılar, 6 ay suda bekletme süresi sonunda bağlanma değerlerindeki değişim ile yalnızca kenar renklemesindeki değişim arasında anlamlı bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir. Bunun yanında, tutuculuk kaybı ve kenar bütünlüğü ile bağlanma değerlerindeki değişim arasında anlamlı bir ilişki kurulamamıştır.⁵⁸

Özet olarak; laboratuvar test yöntemleri ile klinik deneyler arasında net bir ilişki kurulamamasının sebepleri şu şekilde sıralanabilir:⁷⁷

Her iki test yönteminin de kısmen standardize edilebilir olması,

Her iki yöntemde de test sonuçlarının farklı birçok etkenden etkilenmesi,

Klinik deneylerin sonuçlarının uygun olmayan çalışma dizaynı, kısa deney süreleri, yetersiz ve standardize edilmeyen değerlendirme kriterleri sebebiyle çok çeşitli olabilmesi.

Bu nedenlerden ötürü, laboratuvar ve klinik çalışmalar arasında ilişki kurulurken dikkatli olunmalıdır. Materyallerin klinik performanslarını önceden belirleyebilecek kesin bir laboratuvar test yöntemi yoktur. Materyaller, ait oldukları grup (self- etch ya da etch & rinse), kimyasal yapı ve uygulama protokollerine göre değerlendirilmelidir. Sonuçlar materyal düzeyinde değerlendirilirse hatalı sonuçlar elde edilebilir.⁷⁷

Kaynaklar

1. Meerbeek BV, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Ende AV, Neves A, Munck JD. Relationship between bond strength tests and clinical outcomes. *Dent Mater* 2010;26:100-121.
2. 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.
3. Salz U, Bock T. Testing adhesion of direct restoratives to dental hard tissue A Review. *J Adhes Dent* 2010;12: 343-371.
4. Perdigao 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.*

5. Pashley DH. In-vitro simulations of in vivo bonding conditions. *Am J Dent* 1991;4:237-240.
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. Armstrong S, Geraldini S, Maia R, Raposo LH, Soares CJ, Yamagawa J. Adhesion to tooth structure: a critical review of "micro" bond strength test methods. *Dent Mater* 2010;26:50-62.
8. Munck JD, Landuyt KV, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, Meerbeek BV. A critical review of durability of adhesion to tooth tissue: Methods and results. *J Dent Res* 2005;84(2):118-132.
9. FDA. Good laboratory practice (GLP); 1978 [PART 58 52 FR 33780, 1978, last revision 2004].
10. 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.
11. Armstrong SR, Vargas MA, Fang Q, Laffoon JE. Microtensile bond strength of a total-etch 3-step, total-etch 2-step, self-etch 2-step, and a self-etch 1-step dentin bonding system through 15-month water storage. *J Adhes Dent* 2003;5:47-56.
12. Burrow MF, Harada N, Kitasako Y, Nikaido T, Tagami J. Seven-year dentin bond strengths of a total- and self-etch system. *Eur J Oral Sci* 2005;113:265-270.
13. Shirai K, Munck JD, Yoshida Y, Inoue S, Lambrechts P, Suzuki K, Shintani H, Meerbeek BV. Effect of cavity configuration and aging on the bonding effectiveness of six adhesives to dentin. *Dent Mater* 2005;21:110-124.
14. 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.
15. 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.
16. 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.
17. 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.
18. Lodovici E, Reis A, Geraldini S, Ferracane JL, Ballester RY, Filho LER. Does adhesive thickness affect resin-dentin bond strength after thermal/load cycling? *Oper Dent* 2009;34(1):58-64.
19. 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.
20. 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.
21. Khosravi K, Ataei E, Mousavi M, Khodaeian N. Effect of phosphoric acid etching of enamel margins on the microleakage of a simplified all-in-one and self etch adhesive system. *Oper Dent* 2009;34(5):531-536.
22. Comlekoglu ME, Gokce B, Kaya AD, Turkun M, Ozpinar B. Reversal of reduced bond strength after bleaching. *Gen Dent* 2010;58(3):258-263.
23. Pashley DH, Tay FR, Yiu C, Hashimoto M, Breschi L, Carvalho RM, Iti S. Collagen degradation by host-derived enzymes during aging. *J Dent Res* 2004;83(3):216-221.
24. Phrukkanon S, Burrow MF, Tyas M. The influence of cross-sectional shape and surface area on the microtensile bond test. *Dent Mater* 1998;14:212-221.
25. Cvar J, Ryge G. Criteria for the clinical evaluation of dental restorative materials. US DHEW Document, US Public Health Service 790244, Printing Office, San Francisco, 1971:1-42 (and reprinted as Cvar J, Ryge G. Reprint of Criteria for the clinical evaluation of dental restorative materials. *Clin Oral Invest* 2005;9:215-252).
26. 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.

27. Hickel R, Roulet JF, Bayne S, Heintze D, Mjör IA, Peters M, Rousson V, Randall R, Schmalz G, Tyas M, Vanherle G. Recommendations for Conducting Controlled Clinical Studies of Dental Restorative Materials Science Committee Project 2/98 - FDI World Dental Federation Study Design (Part I) and Criteria for Evaluation (Part II) of Direct and Indirect Restorations Including Onlays and Partial Crowns. *J Adhes Dent* 2007;9:121-147.
28. Peumans M, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. *Dent Mater* 2005;21:864-881.
29. 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.
30. Tyas MJ, Burrow MF. Three-year clinical evaluation of One-step in non-carious cervical lesions. *Am J Dent* 2002;15:309-311.
31. Opdam NJ, Loomans BA, Roeters FJ, Bronkhorst EM. Five-year clinical performance of posterior resin composite restorations placed by dental students. *J Dent* 2004;32:379-383.
32. Gaengler P, Hoyer I, Montag R, Gaebler P. Micromorphological evaluation of posterior composite restorations – a 10-year report. *J Oral Rehabil* 2004;31:991-1000.
33. Kidd EA, Joyston Bechal S, Beighton D. Marginal ditching and staining as a predictor of secondary caries around amalgam restorations: a clinical and microbiological study. *Journal of Dental Research* 1995;74:1206-1211.
34. Kidd EA, Beighton D. Prediction of secondary caries around tooth-colored restorations: a clinical and microbiological study. *J Dent Res* 1996;75:1942-1946.
35. Mjör IA. Clinical diagnosis of recurrent caries. *J Am Dent Assoc* 2005;136:1426-1433.
36. 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.
37. 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.
38. Dos Santos PH, Karol S, Bedran-Russo AK. Long-term nano-mechanical properties of biomodified dentin–resin interface components. *J Biomech* 2011;44:1691-1694.
39. Hosaka K, Nishitani Y, Tagami J, Yoshiyama M, Brackett WW, Agee KA, et al. Durability of resin–dentin bonds to water- vs. ethanol-saturated dentin. *J Dent Res* 2009;88:146-151.
40. Loguercio AD, Raffo J, Bassani F, Balestrini H, Santo D, do Amaral RC, et al. 24-month clinical evaluation in non-carious cervical lesions of a two-step etch-and-rinse adhesive applied using a rubbing motion. *Clin Oral Investig* 2011;15:589-596.
41. Brackett MG, Dib A, Franco G, Estrada BE, Brackett WW. Two-year clinical performance of Clearfil SE and Clearfil S3 in restoration of unabraded non-carious Class V lesions. *Oper Dent* 2010;35:273-278.
42. Carvalho RM, Manso AP, Geraldeli S, Tay FR, Pashley DH. Durability of bonds and clinical success of adhesive restorations. *Dent Mater* 2012;28:72-86.
43. Heintze S. Clinical relevance of tests on bond strength, microleakage and marginal adaptation. *Dent Mater* 2013;29:59-84.
44. Council on Scientific Affairs of the American Dental Association. Dental and Enamel Adhesive Materials. Acceptance program. Guidelines. Chicago: ADA, 2001.
45. Tyas MJ, Burrow MF. Adhesive restorative materials: a review. *Austr Dent J* 2004;49(3):112-121.
46. Tay FR, Pashley DH. Resin bonding to cervical sclerotic dentin: a review. *J Dent* 2004;32:173-196.
47. Aw TC, Lepe X, Johnson GH, Mancl L. Characteristics of noncarious cervical lesions: a clinical investigation. *J Am Dent Assoc* 2002;133:725-733.
48. Zimmerli B, De Munck J, Lussi A, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Long-term bonding to eroded dentin requires superficial bur preparation. *Clin Oral Investig* 2012;16(5):1451-1461.
49. Da Rosa Rodolpho PA, Donassollo TA, Cenci MS, Loguercio AD, Moraes RR, Bronkhorst EM. 22-Year clinical evaluation of the

- performance of two posterior composites with different filler characteristics. *Dent Mater* 2011;27(10):955-963.
50. Yazici AR, Celik C, Ozgünaltay G, Dayangaç B. The effects of different light-curing units on the clinical performance of nanofilled composite resin restorations in non-cariou cervical lesions: 3-year follow-up. *J Adhes Dent*. 2010;12(3):231-236.
 51. Opdam NJ, Bronkhorst EM, Loomans BA, Huysmans MC. 12-year survival of composite vs. amalgam restorations. *J Dent Res* 2010;89:1063-1067.
 52. Brackett WW, Covey DA, St Germain Jr HA. One-year clinical performance of a self-etching adhesive in class V resin composites cured by two methods. *Oper Dent* 2002;27:218-222.
 53. van Dijken JWV. Durability of three simplified adhesive systems in Class V non-cariou cervical dentin lesions. *Am J Dent* 2004;17:27-32.
 54. Boghosian A. Clinical evaluation of a self-etching adhesive: 1 year results. *J Dent Res* 2002;81 (Spec Iss A):52 [Abstract No.192].
 55. Adebayo OA, Burrow MF, Tyas MJ. Bond strength test: role of operator skill. *Aust Dent J* 2008;53:145-150.
 56. Finger WJ, Balkenhol M. Practitioner variability effects on dentin bonding with an acetone-based one-bottle adhesive. *J Adhes Dent* 1999;1:311-314.
 57. Frankenberger R, Reinelt C, Petschelt A, Krämer N. Operator vs. material influence on clinical outcome of bonded ceramic inlays. *Dent Mater* 2009;25:960-968.
 58. 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.
 59. Silva ALF, Lima DANL, Souza GMD, Santos CTD, Paulillo LAMS. Influence of additional adhesive application on the microtensile bond strength of adhesive systems. *Oper Dent* 2006;31(5):562-568.
 60. Ülker M, Özcan M, Şengün A, Özer F, Belli S. Effect of artificial aging regimens on the performance of self-etching adhesives. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2010;93(1):175-184.
 61. Peumans M, Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Three-year clinical effectiveness of a two-step self-etch adhesive in cervical lesions. *Eur J Oral Sci* 2005;113:512-518.
 62. Van Landuyt KL, Peumans M, Fieuws S, De Munck J, Cardoso MV, Ermis RB, Lambrechts P, Van Meerbeek B. A randomized controlled clinical trial of a HEMA free all-in-one adhesive in non-cariou cervical lesions at 1 year. *J Dent* 2008;36:847-855.
 63. Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, De Munck J. Adhesion in dentistry – 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.
 64. Bowen RL. Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues. I. Methods of determining bond strength. *J Dent Res* 1965;44:690-695.
 65. Retief DH. Standardizing laboratory adhesion tests. *Am J Dent* 1991;4:231-236.
 66. Söderholm KJ. Correlation of in vivo and in vitro performance of adhesive restorative materials: a report of the ASC MD156 Task Group on Test Methods for the Adhesion of Restorative Materials. *Dent Mater* 1991;7:74-83.
 67. Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM. Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. *Dent Mater* 1995;11.
 68. Sudsangiam S, van Noort R. Do dentin bond strength tests serve a useful purpose? *J Adhes Dent* 1999;1:57-67.
 69. 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.
 70. Burke FJ, Hussain A, Nolan L, Fleming GJ. Methods used in dentine bonding tests: an analysis of 102 investigations on bond strength. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2008;16:158-165.
 71. Braga RR, Meira JB, Boaro LC, Xavier TA. Adhesion to tooth structure: a critical review of “macro” test methods. *Dent Mater* 2010;26:38-49.
 72. 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.

73. Salz U, Bock T. Testing adhesion of direct restoratives to dental hard tissue-a review. *J Adhes Dent* 2010;12:343-371.
74. Finnema KJ, Ozcan M, Post WJ, Ren Y, Dijkstra PU. In vitro orthodontic bond strength testing: a systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:615-622.
75. De Munck J, Mine A, Poitevin A, Van Ende A, Cardoso MV, Van Landuyt KL. Meta-analytical review of parameters involved in dentin bonding. *J Dent Res* 2012;91:351-357.
76. Purk JH, Dusevich V, Glaros A, Spencer P, Eick JD. In vivo versus in vitro microtensile bond strength of axial versus gingival cavity preparation walls in Class II resin-based composite restorations. *J AM Dent Ass* 2004;135:185-193.
77. 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.

Yazışma Adresi:

Dr. Neslihan TEKÇE
Ataşehir Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi
İçerenköy Mahallesi Ali Nihat Tarlan Caddesi Kartal Sokak
No:11 (Bostancı Köprüsü-Ayedaş Binası Karşısı)
Ataşehir/İSTANBUL
E-posta: neslihan_arslann@hotmail.com